



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL
SELECCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO
UTILIZANDO FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA
DESTINADO A RIEGO, CONSUMO HUMANO Y ANIMAL,
EN LA LOCALIDAD DE LA CARRECILLA, DISTRITO DE
PUCALÁ”**

Presentado por:

Br. JAMES PAUL CASTILLO GASTELO

Asesor:

ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ

LAMBAYEQUE - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL
SELECCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO
UTILIZANDO FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA
DESTINADO A RIEGO, CONSUMO HUMANO Y ANIMAL,
EN LA LOCALIDAD DE LA CARRECILLA, DISTRITO DE
PUCALÁ”**

Presentado por:

Br. JAMES PAUL CASTILLO GASTELO

Aprobado por el Jurado Examinador:

PRESIDENTE	: ING. M.Sc. AMADO AGUINAGA PAZ
SECRETARIO	: ING. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
MIEMBRO	: ING. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ
ASESOR	: ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ

LAMBAYEQUE - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica TESIS DE INGENIERÍA

TÍTULO

“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL SELECCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA DESTINADO A RIEGO, CONSUMO HUMANO Y ANIMAL, EN LA LOCALIDAD DE LA CARRECILLA, DISTRITO DE PUCALÁ”

CONTENIDO

CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AUTOR: Br. JAMES PAUL CASTILLO GASTELO

Ing. M.Sc. Amado Aguinaga Paz
PRESIDENTE

Ing. Oscar Méndez Cruz
SECRETARIO

Ing. Percy Edwar Niño Vásquez
MIEMBRO

Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez
ASESOR

LAMBAYEQUE - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A MIS SEÑORES PADRES, JAIME CASTILLO VÉLEZ Y SARITA SUSANA GASTELO ROJAS; por su apoyo, dedicación, preocupación y sacrificio que me brindaron en el transcurso de mi formación académica y profesional, por su tiempo y todos los consejos brindados para formar la persona que soy hoy en día, los cuales estaré agradecido de manera infinita.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por darme salud y vida en el camino de mi etapa universitaria y sobre todo por guiarme en el camino correcto.

A MI ASESOR, INGENIERO HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ por sus consejos y orientación a lo largo del desarrollo de mi tesis, por su paciencia, tiempo y compromiso brindado.

A LOS DOCENTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA, por el compromiso y la dedicación brindada en cada una de las asignaturas aprendidas en las aulas de estudio de la universidad.

AL SEÑOR MARCO BECERRA, dueño del predio, por brindarme el permiso necesario, su tiempo y predisposición, para la toma de datos que sirvieron para el desarrollo de mi trabajo de investigación.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación, es realizar el análisis técnico económico para dimensionar y seleccionar los componentes de un sistema de bombeo de agua, teniendo como fuentes de generación las energías renovables de la zona del predio ubicado en la localidad de La Carrecilla, del distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Realizada la toma de datos correspondiente se determinó que la opción más viable era la energía solar dado a que cuenta con mayor presencia que la energía eólica. Cabe resaltar que ambas fuentes mencionadas son las más presentes en zona.

Una vez llevado los datos tomados a la teoría, se empezó por determinar que la radiación solar en la zona era de 4.77 kWh/m^2 junto con las necesidades de agua diaria que es un promedio de $1.4 \text{ m}^3/\text{h}$ con lo cual se hallaron el consumo energético diario que resultó ser de 454.866 Wh/día .

Los componentes seleccionados del sistema de bombeo fotovoltaico constan de un panel solar de 60 celdas de $250 \text{ Wp} - 12 \text{ V}$, una bomba de 120 W de potencia junto a un regulador de carga de 12 A de entrada y 12 A de salida, junto con una batería de 254 Ah para una descarga diaria, conductores y protecciones detalladas en el capítulo V.

El trabajo de investigación contribuirá con el medio ambiente dado que fomentará la utilización de energías limpias y evitará emisión de gases de 258.163 kg de CO_2 al año.

PALABRAS CLAVES: Radiación solar, fuentes renovables, panel solar, viabilidad económica.

ASBTRAC

The objective of this research work is to perform the technical economic analysis to size and select the components of a water pumping system, having as sources of generation the renewable energies of the area of the property located in the town of La Carrecilla, district of Pucalá, province of Chiclayo, department of Lambayeque.

After taking the corresponding data, it was determined that the most viable option was solar energy given that it has a greater presence than wind energy. It should be noted that both sources mentioned are the most present in the area.

Once taken the data taken to the theory, it was started by determining that the solar radiation in the area was $4.77 \text{ kWh} / \text{m}^2$ along with the daily water needs that is an average of $1.4 \text{ m}^3 / \text{h}$ which was found in the consumption daily energy that turned out to be $454.866 \text{ Wh} / \text{day}$.

The selected components of the photovoltaic pumping system consist of a solar panel of 60 cells of 250 Wp, a pump of 120 W of power together with a regulator of load of 12 A of entrance and 12 A of exit, together with a battery of 254 Ah for a daily discharge, conductors and protections detailed in chapter V.

The research work will contribute to the environment since it will promote the use of clean energies and avoid gas emissions of 258.163 kg of CO_2 year.

KEYWORDS: Solar radiation, renewable sources, solar panel, economic viability.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ASBTRAC.....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1.- A nivel Internacional	17
1.2.- A nivel Nacional.....	18
1.3.- A nivel Local	20
1.4.- Formulación del Problema.....	21
1.5.- Delimitación de la Investigación	21
1.5.1.- Ubicación Política	21
1.6.- Justificación e Importancia de la Investigación.....	22
1.7.- Limitaciones de la Investigación	22
1.8.- Objetivos	23
1.8.1.- Objetivo General	23
1.8.2.- Objetivos Específicos.....	23
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1.- Antecedentes de Estudio.....	24
2.2.- Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado.	28
2.2.1. Radiación solar	28
2.2.1.1.- Unidades de medida de la radiación solar.....	29
2.2.1.2.- Constante solar	30
2.2.1.3.- Componente de la Radiación Solar	32
2.2.1.4.- Atenuación atmosférica de la radiación solar	33
2.2.1.5.- Hora pico sol (H.P.S.)	34
2.2.2.- Sistema Solar Fotovoltaico	37
2.2.2.1.- Componentes Básicos del Sistema Fotovoltaico.....	38
2.2.2.2.- Clasificación de un Sistema Fotovoltaico	39
2.2.2.3.- Célula Solar	42
2.2.2.4.- Curvas Características	44
2.2.3.- Módulo Fotovoltaico.....	47
2.2.3.1.- Conexionado de módulos	47
2.2.3.2.- Inclinação de Módulo Fotovoltaico.....	50

2.2.3.3.- Estructura de soporte	50
2.2.4.- El Regulador	52
2.2.5.- El Inversor.....	53
2.2.6.- Acumuladores o Baterías.....	54
2.2.7.- Sistema de Bombeo Fotovoltaico	55
2.2.7.1.- Condiciones Hidráulicas	58
2.2.7.2.- Bombas	60
2.2.7.3.- Motores.....	64
2.2.7.4.- Convertidores DC/AC	65
2.2.7.5.- Baterías	65
2.2.7.6.- Regulador	66
2.2.8.- Depósito de acumulación.....	66
2.2.8.1.- Almacenamiento a largo plazo	66
2.2.8.2.- Almacenamiento a corto plazo	66
2.2.9.- Configuración de bombeo.....	67
2.2.9.1.- Sistemas de pequeña potencia (50–400 Wp).....	67
2.2.9.2.- Sistemas de media potencia (400–1500 Wp)	67
2.2.10.- Dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico	68
2.2.10.1.- Cálculo de las necesidades de agua	69
2.2.10.2.- Cálculo de la altura equivalente de bombeo.....	70
2.2.10.3.- La altura dinámica	71
2.2.10.4.- La altura estática	72
2.2.10.5.- Cálculo del consumo energético estimado	73
2.2.10.6.- Evaluación de la energía solar disponible	73
2.2.10.7.- Definición del equipo de bombeo necesario.....	74
2.2.10.8.- Dimensionamiento del panel fotovoltaico	75
2.2.10.9.- Dimensionamiento de la bomba	79
2.2.10.10.- Dimensionamiento de regulador de carga	80
2.2.10.11.- Dimensionamiento de las baterías.....	80
2.2.10.12.- Dimensionamiento de los conductores	82
2.2.10.13.- Dimensionamiento de las protecciones	84
2.2.10.14.- Dimensionamiento de las tuberías.....	86
2.3.- Definición conceptual de la terminología empleada	87
2.4.- Normas Técnicas	92
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	93

3.1.- Tipo y Diseño de investigación	93
3.3.- Hipótesis.....	94
3.4.- Operacionalización de Variables	95
3.5.- Métodos y Técnicas de investigación.....	96
3.6.- Descripción de los instrumentos utilizados.....	97
3.7.- Análisis Estadístico e interpretación de los datos.....	98
3.7.1.- Medidas de tendencia central	98
3.7.2.- Medidas de dispersión	98
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	99
4.1.- Propuesta de investigación	99
4.2.- Consideraciones a tomar durante la instalación.....	99
4.3.- Mantenimiento del sistema fotovoltaico.....	103
4.3.1.- Mantenimiento del sistema de generación (paneles solares)	103
4.3.2.- Instalación fotovoltaica de autoconsumo	103
4.3.3.- Mantenimiento del sistema de acumulación (baterías solares)	103
4.3.4.- Mantenimiento fotovoltaico - Etapas de carga de una batería solar .	105
4.3.5.- Inspección visual de posibles degradaciones en los paneles fotovoltaicos	105
4.3.6.- Comprobación de la estructura soporte de los paneles	105
4.3.7.- Revisión del buen funcionamiento de los inversores	106
CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	109
5.1.- Cálculo de las necesidades del agua	109
5.2.- Cálculo de la altura equivalente de bombeo.....	110
5.4.- Dimensionamiento del panel fotovoltaico.	114
5.5.- Dimensionamiento de la bomba	116
5.6.- Dimensionamiento del regulador de carga	119
5.7.- Dimensionamiento de la batería.....	120
5.8.- Dimensionamiento de los conductores.....	123
5.9.- Dimensionamiento de las protecciones	126
5.10.- Dimensionamiento de la tubería	127
5.11.- Contador de agua.....	128
5.12.- Manómetro	129
5.13.- Válvula de paso	130
5.14.- Depósito de Almacenamiento.....	130
5.15.- Metrado y presupuesto del proyecto	131

5.15.1.- Medrado y presupuesto del sistema de bombeo fotovoltaico	131
5.15.2.- Presupuesto de suministro de materiales y montaje del sistema de bombeo fotovoltaico	132
5.15.3.- Análisis de la inversión del proyecto	132
5.15.3.1.- Valor actual neto (VAN)	132
5.15.3.2.- Tasa interna de retorno (TIR)	133
5.15.3.3.- Inversión	133
5.15.3.4.- Flujo de caja proyectado.....	133
5.15.3.5.- Tasa de descuento	135
5.15.3.6- Periodo de recuperación de la inversión (Pr).....	138
5.16.- Evaluación ambiental	139
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
6.1.- CONCLUSIONES.....	141
6.2.- RECOMENDACIONES	142
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Conversiones útiles para radiación.....	30
Tabla 2.- Unidades utilizadas para la determinación del recurso solar.....	35
Tabla 3.- Tipos y características de células fotovoltaicas.....	57
Tabla 4.- Caudal necesario para cada tipo de consumo.....	70
Tabla 5.- Valores del coeficiente de Hazen-Williams.....	71
Tabla 6.- Valores de η_{mb} en función de la configuración moto-bomba.....	77
Tabla 7.- Valores de capacidad de corriente para conductores.....	83
Tabla 8.- Operacionalización de variables.....	95
Tabla 9.- Valores para determinar la altura equivalente de bombeo.....	112
Tabla 10.- Valores numéricos para realizar el cálculo del consumo energético.....	113
Tabla 11.- Valores necesarios para el dimensionamiento del panel solar.....	115
Tabla 12.- Valores: dimensionamiento de la bomba.....	118
Tabla 13.- Valores: dimensionamiento del regulador de carga.....	120
Tabla 14.- Valores: dimensionamiento de la batería en una descarga diaria.....	121
Tabla 15.- Valores: dimensionamiento de la batería en una descarga estacional.....	122
Tabla 16.- Selección de la sección del conductor por cada tramo.....	126
Tabla 17.- Selección de la protección del conductor por cada tramo.....	126
Tabla 18.- Selección del interruptor termomagnético.....	127
Tabla 19.- Cantidad y costo de equipos seleccionados para el proyecto.....	131
Tabla 20.- Costos de materiales y montaje del sistema.....	132
Tabla 21.- Depreciación de equipos de acuerdo a la vida útil.....	134
Tabla 22.- Análisis económico del proyecto.....	136
Tabla 23.- Emisiones de CO ₂ evitadas en el horizonte del proyecto.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación Satelital de la Localidad de La Carrecilla.....	21
Figura 2.- Irradiación incidente sobre la atmósfera.....	29
Figura 3.- Gráfica de la constante solar.....	31
Figura 4.- Componentes de la radiación solar.....	33
Figura 5.- Representación de Horas pico.....	36
Figura 6.- Esquema de un sistema fotovoltaico típico.....	37
Figura 7.- Esquema de una instalación solar aislada de la red.....	39
Figura 8.- Esquema de una instalación solar conectada a la red.....	41
Figura 9.- Esquema de una instalación híbrida.....	41
Figura 10.- Estructura de una célula solar.....	42
Figura 11.- Celular solar en circuito abierto.....	43
Figura 12.- Celular solar en circuito cerrado.....	44
Figura 13.- Curvas características I-V o P-V.....	45
Figura 14.- Curvas características del efecto de irradiancia.....	46
Figura 15.- Curvas características del efecto de la temperatura.....	46
Figura 16.- Estructura de un módulo fotovoltaico.....	47
Figura 17.- Conexión de módulos en serie.....	48
Figura 18.- Conexión de módulos en paralelo.....	49
Figura 19.- Diseño de una estructura fija para un módulo solar.....	51
Figura 20.- Diseño de una estructura móvil para un módulo solar.....	52
Figura 21.- Conexión del regulador en un instalación fotovoltaica.....	53
Figura 22.- Conexión del inversor en un instalación fotovoltaica.....	54
Figura 23.- Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico.....	56
Figura 24.- Gráficas: condiciones hidráulicas de un sistema de bombeo.....	58
Figura 25.- Vista lateral y frontal de una bomba centrífuga.....	61
Figura 26.- Vista de la instalación de una bomba volumétrica.....	62
Figura 27.- Vista superior e inferior del panel solar seleccionado.....	116
Figura 28.- Vista lateral y frontal de la bomba seleccionada.....	118
Figura 29.- Vista frontal y lateral del controlador de carga seleccionado.....	120

Figura 30.- Vista frontal, superior y lateral de la batería seleccionada.....	123
Figura 31.- Vista frontal del contador de agua.....	128
Figura 32.- Manómetro seleccionado.....	129
Figura 33.- Válvula de paso seleccionada.....	130

INTRODUCCIÓN

La demanda de energía eléctrica y de servicios conexos, con miras al desarrollo social, económico, mejora del bienestar y la salud de las personas, va en aumento. Todas las sociedades requieren de servicios energéticos para cubrir las necesidades humanas básicas (por ejemplo, de alumbrado, cocina, ambientación, movilidad, comunicación, etc.) y para los procesos productivos.

Debido a la particularidad de cada caso, y de las diferentes situaciones dentro de cada región del país, se ha optado por la búsqueda de nuevas fuentes de generación de energía, teniendo como opción principal el uso de las energías renovables para el presente trabajo, siendo elegida la energía solar.

Este proyecto tiene como finalidad realizar el análisis técnico – económico para determinar la viabilidad junto con el dimensionamiento y selección de los componentes y equipos de un sistema de bombeo fotovoltaico en la Localidad de la Carrecilla, del distrito de Pucalá, debido que ahí encontramos una radiación solar casi constante en gran parte del año, lo cual será para beneficio de las hectáreas de terreno destinadas a la siembra de productos alimenticios, crianza de animales de granja y ganado, para venta y consumo propio. Además, con la finalidad de contribuir a la reducción de gases contaminantes.

CAPITULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

La política energética es parte fundamental del proceso de desarrollo de un país. Debido a la importancia de la energía como insumo y variable imprescindible para la economía, sinergia que permite obtener mejoras cualitativas en la calidad de vida de la población y en el sector productivo. Por el sistema de suministro y su intensa interacción con el ambiente, tanto por el uso intensivo de los recursos naturales, como por los impactos derivados de su producción, transporte y utilización.

En el Perú las energías renovables son fuentes de energía amigables con el medio ambiente. Las energías renovables no producen emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera. Asimismo, las energías renovables son fuentes autóctonas, por lo que las renovables disminuyen la dependencia de la importación de combustibles.

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano. En la gran mayoría de localidades del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y bastante uniforme durante todo el año. En términos generales, se dispone en promedio anual, de 4-5 kWh/m² día en la costa y selva y de 5-6 kWh/m² día, aumentando de norte a sur¹.

Es por eso que se propone el análisis técnico - económico para la implementación de un sistema de bombeo solar, con la finalidad de disminuir el uso de energías convencionales y reducción de los gases de efecto invernadero en la localidad de “La Carrecilla”, en el distrito de Pucallá.

¹Universidad Nacional de Ingeniería (2006). Perú Económico – El estado actual del uso de la energía solar en el Perú. Lima.

1.1.- A nivel Internacional

Desde 1850, aproximadamente, la utilización de combustibles de origen fósil (carbón, petróleo y gas) en todo el mundo ha aumentado hasta convertirse en el suministro de energía predominante, situación que ha dado lugar a un rápido aumento de las emisiones del dióxido de carbono (CO₂).

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que genera la prestación de servicios energéticos han contribuido considerablemente al aumento histórico de las concentraciones de esos gases en la atmósfera. En el Cuarto Informe de Evaluación (CIE) del IPCC se concluyó que "la mayor parte del aumento observado en el promedio de las temperaturas desde mediados del siglo XX se debe muy probablemente al aumento observado en las concentraciones de GEI antropogénicas".

Como ejemplo de que se puede disminuir el problema tenemos el PROYECTO "FASE I DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED DE CECIC TAIYANGSHAN –CHINA" el cual se puso en ejecución el año 2011 y del cual se puede demostrar lo siguiente

El proyecto genera electricidad sin emitir gases efecto invernadero (GEI) utilizando los recursos renovables (energía solar) de China. El proyecto desarrolla el uso de energías renovables, genera empleo en la comunidad local, mejora las infraestructuras de la zona y facilita el desarrollo sostenible de la región.

El proyecto anualmente tiene reducciones de 14.413 t de CO₂, y hasta el presente año se estima reducir una cantidad de 100.891 t de CO₂.

El proyecto consta de una planta solar fotovoltaica, con una capacidad total instalada de 10 MW, para la producción de energía eléctrica. La planta cuenta con 43.600 módulos de 230 W que convertirán la energía solar en energía eléctrica. Con un factor de carga previsto de 0.204, con una estimación 15.512 MW/h anuales de electricidad que será vertida a la Red Eléctrica del Noroeste de China (NWPG)².

En la mayoría de las situaciones será necesario adoptar políticas orientadas a fomentar modificaciones al sistema energético que incrementen la proporción de la energía renovable en el conjunto de energías.

1.2.- A nivel Nacional

Históricamente, solo la población urbana tenía la comodidad de la electricidad garantizada. La población rural en su mayoría no tenía acceso a la red, ni la voz y la fuerza para reclamarla. No obstante, hubo iniciativas aisladas con éxito para electrificar poblaciones rurales con sistemas descentralizados (por ejemplo: Pozuzo y Acopalca), éstas representaron nada más que una gota de agua en vista de la gran necesidad.

Según el mapa de pobreza del Fondo Nacional de Cooperación para el Desarrollo (FONCODES), el 70% de la población rural en el 2007 no tenía acceso a electricidad, con grandes variaciones entre diferentes departamentos³.

²Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino (2002). Resolución que aprueba la Fase I del Proyecto de Generación Fotovoltaica Conectada a La Red de Cecic Taiyangshan, China. España

³Proyectos sobre energías, análisis matemáticos (2013). Energías Renovables en el Perú.

El gobierno reaccionó y una serie de proyectos están en ejecución con un mejoramiento importante. El Plan Nacional de Electrificación Rural con el Fondo Nacional de Electrificación Rural (FONER), que incluye energías renovables, se encuentra actualmente en su segunda fase.

Una de las formas de producir electricidad a través de energías renovables son los paneles fotovoltaicos, o simplemente llamados “paneles solares”.

Un claro ejemplo es el proyecto realizado en la provincia de Arequipa en el sector llamado Tiabaya donde los agricultores acceden al agua mediante paneles solares. Con la instalación de paneles solares, los miembros de la Asociación de Agricultores de El Bajo Cural, del distrito Tiabaya, pueden bombear agua potable desde un pozo hasta un reservorio y distribuir el líquido, ya tratado, a los domicilios de las 150 familias de la asociación.

Según los datos tomados, los paneles solares brindarán energía eléctrica por 25 años y solo requerirán mantenimiento y limpieza semestral. Gracias a estos aparatos, las familias de El Cural tienen más de 12 horas de agua en sus casas al día y consumen hasta 3.5 metros cúbicos de líquido por familia.

Los paneles reciben energía de 7.00 a 17.30 horas. El sistema funcionará incluso en días nublados y se puede controlar con celular.

Anteriormente, los agricultores obtenían el recurso hídrico a través de una bomba sumergible y tubería, los que les generaba un costo de S./1500 mensuales por concepto de alquiler y hoy en día gracias al uso de los paneles solares generan su propia energía⁴.

⁴Pilar Sánchez Molina, p.v Magazine Latinoamérica (2018). Sistema de Bombeo con Energía solar. Cural, Arequipa, Perú.

1.3.- A nivel Local

En las zonas alejadas del distrito de Pucalá encontramos gran cantidad de hectáreas de terreno destinadas al uso de siembra de productos alimenticios y crianza de animales de granja y ganado, para consumo propio y a la vez de venta en la zona. El predio ubicado en la Carrecilla no cuenta con un sistema de riego adecuado, para los productos lo cual genera muchas veces la pérdida de estos, ya que instalar un sistema de riego conectado a la red convencional directamente generaría un gasto muy elevado para su economía. Para lo cual se quiere aprovechar el poder de la radiación solar e instalar un sistema de bombeo para riego a través de paneles solares, como para consumo humano y animal, ya que en el distrito de Pucalá la mayor parte del año cuenta con una radiación casi constante.

En la región Lambayeque se puede poner por el ejemplo la ejecución del proyecto a base de paneles solares ejecutado en el caserío de Monte Hermoso, distrito de Mórrope, departamento de Lambayeque; el cual se realizó no solo en los hogares, sino que adjuntamente se instaló sistemas de bombeo con energía fotovoltaica, beneficiando así, las casas de los pobladores propiamente dicho, y también sus campos agrícolas y crianzas de animales.

Inicialmente se proyectó beneficiar a unas 60 familias de éste sector alejado de Mórrope que carecen del servicio de energía eléctrica que sería dotada a través de paneles solares⁵.

⁵ANDINA/Prensa Presidencia (2017). Instalación de paneles solares para dotar de energía a zonas rurales. Mórrope, Lambayeque, Perú.

1.4.- Formulación del Problema

¿Es viable técnica y económicamente el dimensionamiento de un sistema de bombeo utilizando los recursos de energía renovables (energía solar) de la localidad de La Carrecilla del distrito de Pucalá?

1.5.- Delimitación de la Investigación

1.5.1.- Ubicación Política

El proyecto de investigación se desarrollará en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, para un predio ubicado en la localidad de La Carrecilla, distrito de Pucalá.

- Latitud: 6°46'27.0"S
- Longitud: 79°35'05.5"W

Figura 1.- Ubicación Satelital de la Localidad de La Carrecilla



Fuente: Google Maps

1.6.- Justificación e Importancia de la Investigación

- La importancia del presente proyecto consiste en dar conocimiento a las personas de la existencia de los recursos renovables como fuente de generación de energía, a su vez contribuir al mejoramiento del estilo de vida y forma de trabajo de una manera más eficiente y económica.
- Con el diseño de un sistema de bombeo a través de fuentes renovables de energía se mostrará a las personas la existencia de un medio de inversión moderada que no afectará económicamente en comparación a tener un sistema de bombeo conectado a la red tradicional, y por ende mejora de su calidad de vida.
- Con el desarrollo del proyecto se disminuirá de forma indirecta el consumo de combustibles fósiles que son causantes de daños mayores en el medio ambiente para que de esta manera la energía eléctrica sea más amigable con el entorno.
- Se llevará a la concientización de los usuarios y personas de su entorno que el uso de las fuentes renovables posee una importancia pocas veces valorada en su totalidad, y que su difusión es de importancia para el desarrollo de proyectos futuros.

1.7.- Limitaciones de la Investigación

Para el presente proyecto se presentó que el acceso hacia el predio era muy complicado debido a que muy poco transporte pasa por la zona.

Para el acceso a datos del distinto parámetro de radiación solar y viento se tuvo que limitar a los datos brindados por la estación meteorológica Sipán Tipo Convencional ubicada a 3 km de la localidad de la Carrecilla.

1.8.- Objetivos

1.8.1.- Objetivo General

Analizar técnica y económicamente la viabilidad y selección de un sistema de bombeo de agua para riego, consumo humano y animal aprovechando las fuentes renovables de energía existentes en la el predio de la localidad de La Carrecilla, distrito de Pucalá.

1.8.2.- Objetivos Específicos

- Recolectar la información de la radiación solar incidente en la localidad de La Carrecilla, que será necesaria para selección de equipos y paneles solares.
- Realizar los respectivos cálculos eléctricos para la selección y dimensionamiento de los componentes del sistema teniendo en cuenta las normas y leyes vigentes acerca de energías renovables.
- Realizar una evaluación económica en el horizonte del proyecto.
- Realizar una evaluación sobre las emisiones de CO₂ que puede llegar a reducir el estudio del proyecto.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes de Estudio

SEGÚN JOSUÉ ELIEZER ALATA REY (UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA - 2015) en su trabajo de tesis para Segunda Especialidad Profesional en Energía Solar, “DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO CON PANELES SOLARES – CASO UNALM”, nos dice:

El bombeo de agua con energía solar fotovoltaica es una solución para sistemas aislados, como suministros de agua potable para comunidades rurales, en aplicaciones agrícolas o ganaderas.

Las necesidades básicas de agua estipulan un consumo humano en áreas rurales en 20 litros/día aproximadamente. En los hábitos rurales el mayor consumo de agua se produce para los sistemas de cultivos agrícolas, así como en la alimentación de animales. Con los avances en la tecnología del bombeo fotovoltaico en calidad y eficiencia en las instalaciones se puede producir una amortización en el riego de un viñedo de dos hectáreas en un periodo inferior a tres años.

La elección de un sistema de bombeo fotovoltaico alimentado con energía solar depende principalmente de factores geográficos, económicos, volumen diario ($\text{m}^3/\text{día}$) y la altura de bombeo. El rango óptimo para la utilización de un sistema fotovoltaico ronda entre 150-1500 $\text{m}^3/\text{día}$. Los sistemas de bombeo eólicos y diésel son más competitivos cuando se necesita un mayor caudal.

El objetivo del trabajo es el dimensionamiento de un sistema de bombeo con paneles solares fotovoltaicos para una estación de bombeo de agua, cuya

aplicación del estudio se aplicó a un programa piloto para abastecer con agua los servicios higiénicos de la Universidad Agraria La Molina⁶.

CINDY PIERINE ASMAT CÁCERES (UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA – 2018) en su trabajo de tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrícola, “DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO EN EL DISTRITO DE YAURISQUE – CUSCO”, tiene como principal objetivo evaluar la eficiencia de un sistema de bombeo fotovoltaico y determinar el volumen de agua diaria bombeada bajo las condiciones climáticas de la zona.

En las zonas rurales se usan bombas a base de motores de combustión para extraer el agua subterránea, sin embargo, estos sistemas generan un desafío en las comunidades por su complejidad, su constante mantenimiento, la emisión de gases, sonido, y el costo que implica comprar y llevar el combustible hacia las zonas donde se encuentran los pozos, por lo cual se ha optado por fuentes de energía alternativa, entre ellas la energía solar.

Para captar esta energía se necesita de paneles solares, inicialmente sus costos eran elevados y actualmente han bajado significativamente, y a través de los años la inversión para la instalación de esta infraestructura también ha disminuido en un 80 por ciento con una vida útil de 20-30 años. Comparando estos dos sistemas, el costo de la inversión inicial del sistema de bombeo solar es más elevado.

⁶Alata Rey Josué Eliezer (2015). Dimensionamiento de un Sistema de Bombeo con Paneles Solares – UNALM. Lima, Perú.

Sin embargo a lo largo de la vida útil del sistema de bombeo los costos por concepto de reemplazo de piezas y mantención son considerablemente más bajos, en comparación con un sistema de combustión diésel que los costos del combustible son elevados, así como su mantenimiento, reparación y tiempo de vida corto, mientras que la energía solar es gratis. Obteniendo así con el sistema solar una disminución de costos para el acceso al agua usando energía limpia, disminuyendo las emisiones de CO₂ y contribuyendo positivamente al cambio climático (Banco Mundial, 2016)⁷.

BRUNO GILBERTO DÍAZ CATAÑEDA (UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO – 2016) en su trabajo de grado denominado PROYECTO DE INVERSIÓN SOCIAL PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE HUACA BANDERA – DISTRITO DE PACORA – PROVINCIA DE LAMBAYEQUE USANDO UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR nos dice lo siguiente:

La calidad de vida de las personas se ve afectada y requiere de agua como fuente vital para satisfacer sus necesidades básicas como alimentarse, cocinar, asearse, lavar, riego de campo, etc.; lo cual centra su trabajo en un proyecto de inversión social para la extracción de agua mediante el uso de bomba solar, y así suministrarla a las personas de Huaca Bandera, aprovechando la energía solar mediante un sistema de paneles solares.

⁷Asmat Cáceres Cindy Pierine (2018). Determinación de la Eficiencia de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico. Lambayeque, Perú.

Para la investigación es importante realizar un diagnóstico de la situación actual de la calidad de vida de los habitantes del caserío y así conocer el entorno en que estas personas viven, además se determinará la demanda de agua necesaria, mediante un estudio de campo y recopilación de información a través de encuestas.

Se dimensionó el sistema de bombeo solar a utilizar, resultando una motobomba de 15 HP de potencia y unos paneles solares de 1 kW. Una vez identificado se realizó una comparación con las características de los sistemas más compatibles al proyecto y con los datos obtenidos se decidió por criterio económico la mejor alternativa. En los resultados se evidencia un abastecimiento de agua del 66,67%, aumentando un 33,15% la diferencia con respecto a lo recomendado por DIGESA, todo esto gracias al óptimo desempeño del sistema de paneles solares. Esta propuesta mejorará la calidad de vida de los habitantes de Huaca Bandera, brindándoles más agua para realizar sus actividades y necesidades básicas, además de ahorrar tiempo y dinero que perdían acarreado agua. El proyecto dio lugar a resultado de un valor actual neto (VAN) de S/.12 574,60, lo que lo convierte en un proyecto rentable y que beneficiará a los habitantes del caserío de Huaca Bandera⁸.

⁸Díaz Castañeda Bruno Gilberto (2016). Proyecto de inversión social para el abastecimiento de agua potable para el caserío de Huaca Bandera, distrito de Pacora, provincia de Lambayeque usando un sistema de bombeo solar. Lambayeque, Perú.

2.2.- Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado.

2.2.1. Radiación solar

La radiación solar puede ser definida como la energía emitida por el sol, que se propaga en todas direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas (Sánchez et al., 1993). Estas ondas conforman el llamado espectro electromagnético que está compuesto por rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio.

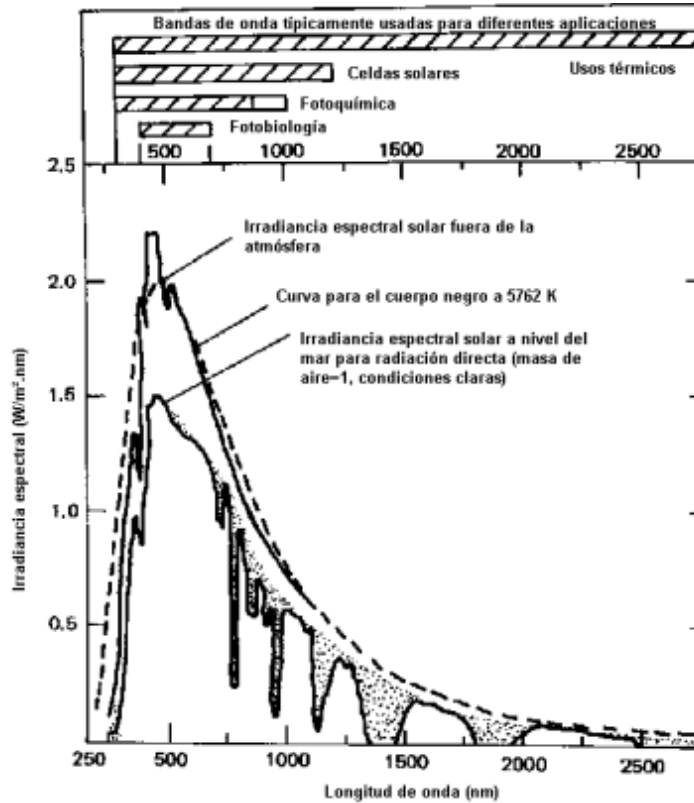
La radiación solar que llega a la parte superior de la atmósfera sufre, en su trayectoria hacia la tierra diferentes procesos de atenuación, y sobre la superficie terrestre se clasifica o tiene los siguientes componentes: radiación directa, radiación difusa, radiación global, radiación reflejada, entre otros (Sánchez et al., 1993).

La radiación solar incidente o global es aquella radiación procedente del sol que incide sobre la superficie terrestre (directa y difusa) (García, 1984). La radiación directa es la que llega a la superficie de la tierra en forma de rayos provenientes del sol sin cambios de dirección (Sánchez et al., 1993). Mientras que la difusa proviene de otras direcciones (distintas a las del disco solar) debido a la reflexión y dispersión que producen en la radiación solar la atmósfera y las nubes (Hernández et al., 1991).

Las cantidades de radiación incidente se expresan generalmente en términos de irradiancia o irradiación. La irradiación no es sino la energía que en forma de radiación se integra o totaliza durante cierto tiempo en una superficie o zona. Sus unidades son J/m^2 o cal/cm^2 o kWh/m^2 . Mientras que

irradiancia se define como la potencia de la radiación o energía instantánea que se emite o incide en cierta superficie o zona. Sus unidades son W/m^2 (Hernández et al., 1991).

Figura 2.- Irradiación incidente sobre la atmósfera



Fuente: Instalaciones Solares fotovoltaicas (E. Alcor)

2.2.1.1.- Unidades de medida de la radiación solar.

Las cantidades de radiación son expresadas generalmente en términos de exposición radiante o irradiancia, siendo esta última una medida del flujo de energía recibida por unidad de área en forma instantánea como energía/área-tiempo y cuya unidad es el Watt por metro cuadrado (W/m^2).

Un Watt es igual a un Joule por segundo.

La exposición radiante es la medida de la radiación solar, en la cual la radiación es integrada en el tiempo como energía/área y cuya unidad es el kWh/m² por día (si es integrada en el día) o MJ/m² por día.

Por ejemplo, 1 minuto de exposición radiante es una medida de la energía recibida por metro cuadrado sobre un periodo de un minuto. Sin embargo, un minuto de exposición radiante = irradiancia media (W/m²) x 60 (s) y tiene unidades de Joule por metro cuadrado (J/m²).

Finalmente, una hora de exposición radiante es la suma de los 60 minutos de exposición radiante.

Otras magnitudes radiométricas:

Tabla 1.- Conversiones útiles para radiación

Unidad	Equivalencia
1 Watt (W)	1Joule/segundo (J/s)
1 W*h	3,600 J
1 KW*h	3.6 MJ
1 W*h	3.412 Btu
1 Caloría	0.001163 W*h
1 Caloría	4.187 Joule
1 cal/cm²	11.63 W*h/m ²
1 MJ/m²	0.27778 kW*h/m ²
1 MJ/m²	277.78 W*h/m ²
1 MJ/m²	23.88 cal/cm ²
1BTU	252 calorías
1BTU	1.05506 KJ
1 cal/(cm²*min)	60.29 MJ/m ² por día

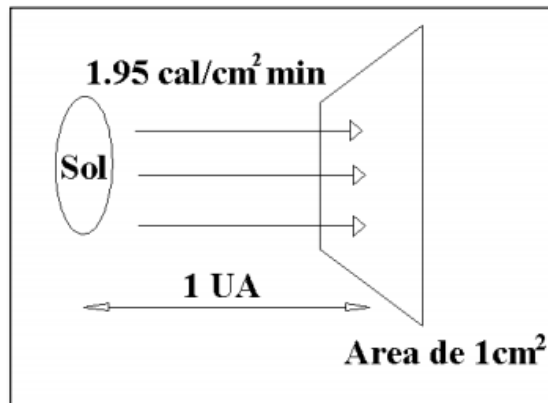
Fuente: Atlas de radiación solar

2.2.1.2.- Constante solar

Para los fines de nuestra investigación es importante conocer la magnitud exacta de la potencia de la radiación solar y gracias a la constante solar la podemos conocer.

La constante solar es la cantidad total de energía solar que atraviesa en un minuto una superficie perpendicular a los rayos incidentes con área de 1 cm^2 , que se encuentra a la distancia media existente entre la tierra y el sol.

Figura 3.- Gráfica de la constante solar



Fuente: <http://www.instalacionenenergiasolar.com/radiacionsolar>

El valor medio de la constante solar es alrededor de 2 cal/cm^2 por minuto. Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0.2 % en un periodo de 30 años.

La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

Expresada en otras unidades la constante solar es igual:

$$C = 1,353 \text{ W/m}^2$$

En la superficie de la Tierra el flujo de radiación solar disminuye debido a la absorción y dispersión en la atmósfera terrestre, y es, por término medio de 800 a 900 W/m^2 .

Es muy importante controlar en cada momento el valor de la constante solar, pues se cree que solo una modificación del 1% de la misma podría ocasionar una variación de uno a dos grados en la temperatura de nuestro planeta. Nuestra supervivencia puede depender de la capacidad que tengamos de estar preparados y de poder prevenir una hipotética variación importante de la constante solar.

2.2.1.3.- Componente de la Radiación Solar

Por su diferente comportamiento, la radiación la podemos separar en tres componentes: la directa, la difusa y la reflejada.

- **Directa:** Es la que se recibe directamente desde el sol en línea recta, sin que se desvíe en su paso por la atmósfera. Es la mayor y la más importante en las aplicaciones fotovoltaicas.
- **Difusa:** Es la que se recibe del sol después de ser desviada por dispersión atmosférica. Es radiación difusa la que se recibe a través de las nubes, así como la que proviene del cielo azul. De no haber radiación difusa, el cielo se vería negro aún de día, como sucede por ejemplo en la luna.
- **Reflejada:** Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

Figura 4.- Componentes de la radiación solar



Fuente: Estado del arte y perspectivas de la tecnología de sistemas de almacenamiento en baterías - Pontificia Universidad Católica de Chile - Escuela de Ingeniería

La irradiación Global es la radiación total incidente sobre una superficie, que viene dada por la suma de la radiación directa, difusa y reflejada.

2.2.1.4.- Atenuación atmosférica de la radiación solar

La intensidad y frecuencias del espectro luminoso generado por el sol sufren alteraciones cuando la luz atraviesa la atmósfera. Ello se debe a la absorción, reflexión y dispersión de la radiación solar. Los gases presentes en la capa atmosférica actúan como filtros para ciertas frecuencias, las que ven disminuidas su intensidad o son absorbidas totalmente

- **Dispersión:** La radiación solar viaja en línea recta, pero los gases y partículas en la atmósfera pueden desviar esta energía, lo que se llama dispersión. La dispersión ocurre cuando un fotón afecta a un obstáculo sin ser absorbido cambiando solamente la dirección del recorrido de ese fotón.
- **Reflexión (Albedo):** La capacidad de reflexión o fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra o cualquier otra

superficie se denomina Albedo. El albedo planetario es en promedio de un 30%. Esta energía se pierde y no interviene en el calentamiento de la atmósfera.

- **Absorción por moléculas de gases y partículas en suspensión:**

La absorción de energía por un determinado gas tiene lugar cuando la frecuencia de la radiación electromagnética es similar a la frecuencia vibracional molecular del gas. Cuando un gas absorbe energía, esta se transforma en movimiento molecular interno que produce un aumento de temperatura.

Como conclusión, se puede afirmar que la radiación total incidente sobre la superficie de la Tierra va a estar sujeta a variaciones, algunas previsibles (diurnas y estacionales) y otras no previsibles (las meteorológicas, particularmente el vapor de agua condensado en las nubes).

2.2.1.5.- Hora pico sol (H.P.S.)

Al total de energía recibida diariamente, por unidad de área, en un sitio particular, se le ha denominado Recurso Solar, este valor representa la irradiación diaria que se obtiene a partir de un promedio diario, semanal, mensual, o anual. Las unidades usadas comúnmente para este concepto en el Sistema Internacional (SI), son el Joule sobre metro cuadrado (J/m^2). También es frecuente encontrarlas en otros sistemas de unidades como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 2.- Unidades utilizadas para la determinación del recurso solar

Unidad	Equivalencia (SI)
MJ/m ²	1 x 10 ⁶ J/m ²
kWh/m ²	3.6 x 10 ⁶ J/m ²
Btu/ft ²	11.356 x 10 ³ J/m ²
Langley = 1 cal/cm ²	2.4 x 10 ⁻⁵ J/m ²

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México - Energía Solar

Para la aplicación del Recurso Solar en los Sistemas Fotovoltaicos, los ingenieros han tomado por convención otra unidad para especificar el recurso solar. En un día claro a nivel del mar, un captador horizontal puede recibir una irradiancia directa aproximada de 1000 W/m² al medio día solar. Por lo anterior, se le ha llamado irradiancia-pico, al valor de 1000 W/m². En consecuencia, a la cantidad de irradiación recibida en un captador durante un tiempo de una hora, se ha convenido llamarla hora-pico. Así, la transformación de unidades puede escribirse de manera simple como:

- 1 hora-pico de irradiancia = 1000 Wh/m²

La equivalencia con el SI

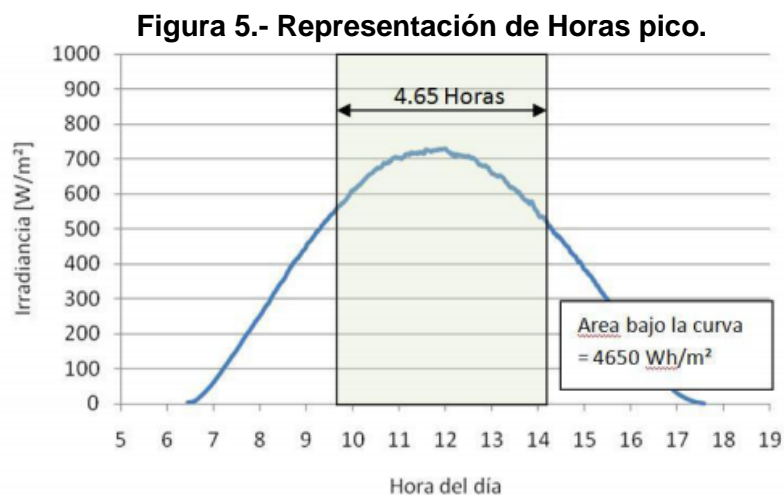
- 1 hora-pico de irradiancia = 3.6 x10⁶ J/m²

Para expresar al recurso solar en unidades de horas-pico, debe recordarse que el área bajo la curva de irradiancia contra tiempo representa la irradiación del día. Si se considera que esta área es igual al área de un rectángulo cuya altura corresponde a una irradiancia-pico de 1000 W/m², entonces la base de este rectángulo es el número de horas

en que supuestamente el sol debería haber brillado con esta intensidad para obtener la misma la irradiación del día.

Las horas-pico de un sitio determinado, se obtiene al dividir el valor de la irradiación diaria en Wh/m^2 , entre 1000 W/m^2 . El resultado será el número de horas-pico en que el captador estuvo aparentemente recibiendo el valor pico de la irradiancia.

Por ejemplo, si la irradiación diaria de un lugar específico fue de 4650 Wh/m^2 , al dividir entre la irradiancia pico (1000 W/m^2), obtenemos un resultado de 4.65 horas-pico para ese lugar en ese día en particular, es decir el equivalente a una irradiancia solar de 1000 W/m^2 recibida de manera continua durante 4.65 horas (4 horas y 39 minutos).



Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México - Energía Solar Disponible

2.2.2.- Sistema Solar Fotovoltaico

Es un conjunto de componentes que permite captar la energía del sol o energía solar y transformarla en energía eléctrica. A este proceso se le llama efecto fotovoltaico.

Efecto fotovoltaico significa poder transformar la energía solar en energía eléctrica.

Esta energía eléctrica obtenida del sol o energía fotovoltaica es almacenada y puede ser utilizada para iluminar dentro de las viviendas, encender focos, utilizar aparatos como radios y televisores, y aprovechar aparatos electrodomésticos de bajo consumo.

Generalmente se utiliza estas opciones tecnológicas para producir energía fotovoltaica en lugares donde no hay acceso a las redes eléctricas convencionales.

Figura 6.- Esquema de un sistema fotovoltaico típico



Fuente: <https://suelosolar.com>

Esta energía también puede ser utilizada, entre otros ejemplos, para:

- **Bombeo de agua** o extraer agua en zonas donde no hay fuentes superficiales.
- **Repetidores de telecomunicaciones**, para dar electricidad a los equipos de telecomunicaciones, antenas y radios utilizados como repetidores de televisión, radio o telefonía celular.
- **Iluminación pública**, en zonas donde no se puede colocar las redes convencionales.

2.2.2.1.- Componentes Básicos del Sistema Fotovoltaico.

Los componentes del sistema fotovoltaico están agrupados en tres subsistemas:

- a) Subsistema de generación**, responsable de transformar la energía solar en electricidad. Está conformado por el panel solar.
- b) Subsistema de almacenamiento**, encargado de almacenar la energía eléctrica producida por el panel solar durante el día. Corresponde a la batería.
- c) Subsistema de control**, permite tener el control de todo el sistema fotovoltaico y monitorear su buen funcionamiento. Normalmente está compuesto por el controlador de carga, el interruptor termomagnético, y la fusilera de protección para consumo.

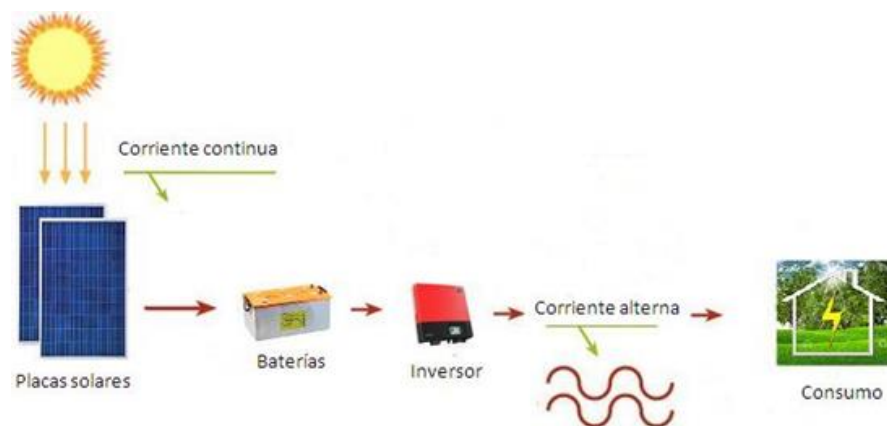
2.2.2.2.- Clasificación de un Sistema Fotovoltaico

Las instalaciones fotovoltaicas se dividen en dos grandes grupos en función del objetivo de la mismas: instalaciones aisladas de la red, cuya finalidad es satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica convencional residencial o de una comunidad, y las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, que tienen como objetivo fundamental entregar la energía a la red eléctrica pública; esta última, de gran superficie, se está utilizando como superficie de terminación e imagen en el edificio.

- **Instalaciones aisladas de la red**

Se emplean en localidades lejanas, que no tienen acceso a la red pública: instalaciones rurales, iluminación de áreas aisladas, telecomunicaciones, balizas o boyas de señalización y bombeo de agua. Estas instalaciones posibilitan dos tipos de suministros según sea el tipo de distribución:

Figura 7.- Esquema de una instalación solar aislada de la red



Fuente: <https://www.ecosistemasdelsureste.com/news>

a. El sistema centralizado

Consiste en un único gran sistema que cubre las necesidades de un conjunto de usuarios. La ventaja es disminuir los costos del sistema manteniendo la calidad del suministro.

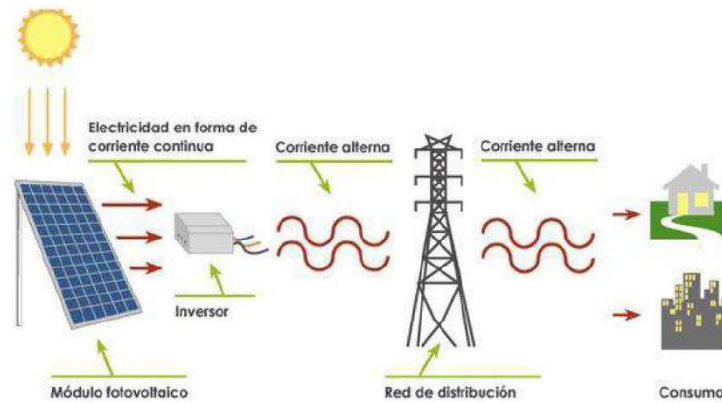
b. El sistema descentralizado

Consiste en la instalación de un sistema individual completo en cada vivienda para cubrir sus necesidades; al contrario del anterior, este tiene un mayor costo.

- **Instalaciones conectadas a la red**

En este caso, la red pública actúa como un disipador de energía infinita y acepta toda la energía disponible del sistema fotovoltaico, tanto de centrales fotovoltaicas como de los instalados en viviendas y edificios. Este sistema requiere de condiciones de funcionamiento diferentes a la solución aislada, no necesita de subsistema de almacenamiento, y el sistema de regulación cumple la función de indicar al inversor de energía la disponibilidad en cada momento en los paneles (el punto de máxima potencia); este sistema conlleva, además, un beneficio económico: "huertos solares".

Figura 8.- Esquema de una instalación solar conectada a la red

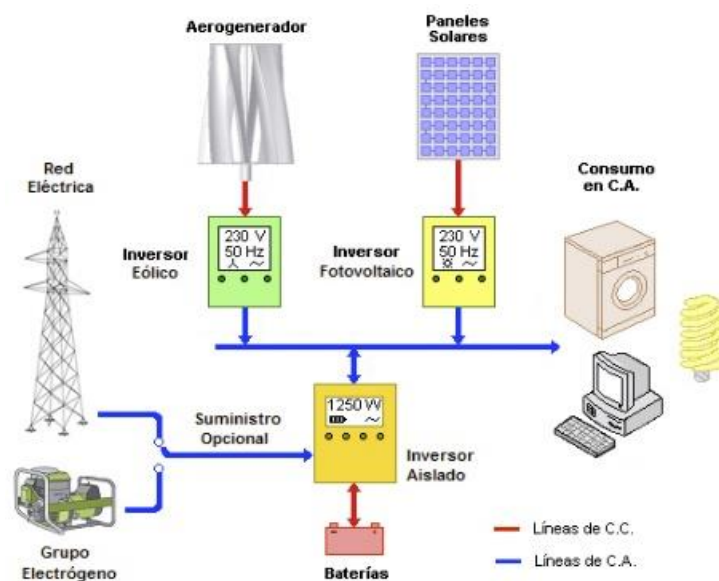


Fuente: <https://www.ecosistemasdelsureste.com/news>

- **Instalaciones Híbridas**

Son aquellas que combinan los módulos fotovoltaicos con una o más fuentes energéticas auxiliares, como pueden ser los aerogeneradores, o los motores diésel. Este sistema es más fiable que los anteriores, ya que, al disminuir la captación y generación de electricidad del sistema fotovoltaico, el suministro no se ve comprometido al ser complementado por otro tipo de generación ya sea renovable o no renovable.

Figura 9.- Esquema de una instalación híbrida

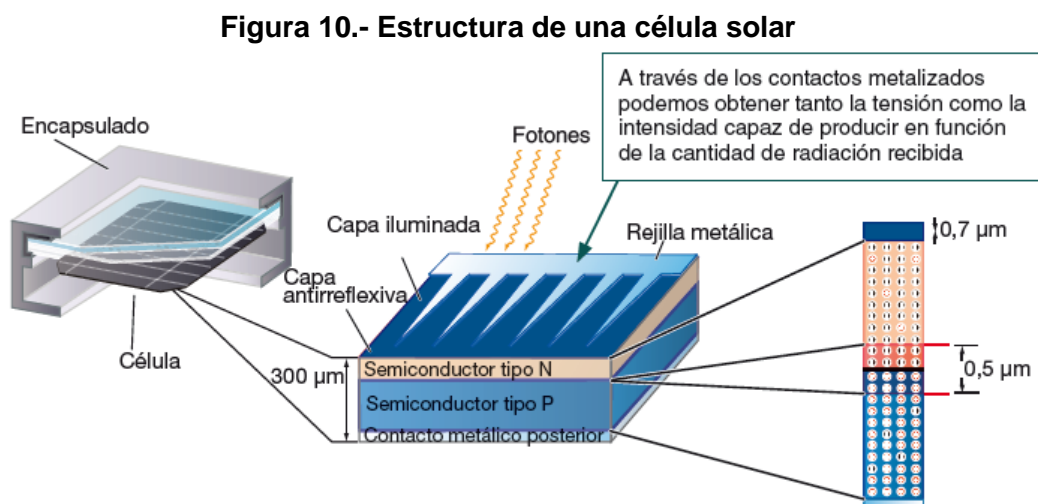


Fuente: <https://www.ecosistemasdelsureste.com/news>

2.2.2.3.- Célula Solar

El elemento principal de cualquier instalación de energía solar es el generador, que recibe el nombre de célula solar. Se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol. Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico.

Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la N, y la parte situada en la zona de oscuridad, la P. Los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona P se encuentra metalizada por completo (no tiene que recibir luz), mientras que en la zona N el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor.



Fuente: Artículo sobre los componentes en instalaciones fotovoltaicas PDF (España)

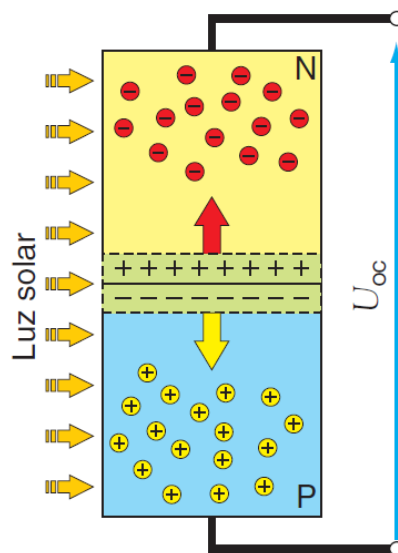
Entre los parámetros fundamentales de la célula solar tenemos

a) Corriente de iluminación (I_L): la corriente generada cuando incide la radiación solar sobre la célula.

b) Corriente de oscuridad: es debida a la recombinación de los pares electrón-hueco que se produce en el interior del semiconductor.

c) Tensión de circuito abierto (V_{oc}): es la diferencia de potencial que se alcanza cuando una célula fotovoltaica es iluminada, sin estar en conectadas las regiones P y N, siendo proporcional a la iluminación recibida. Es el máximo valor de tensión de la célula.

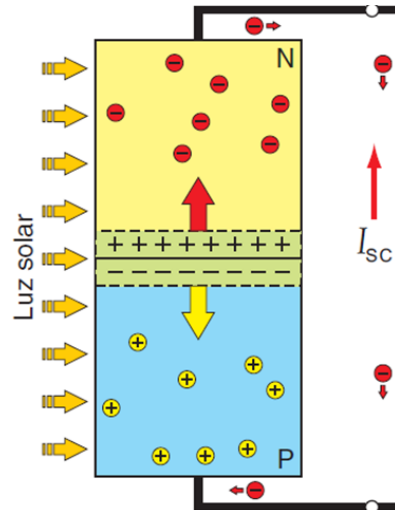
Figura 11.- Célula solar en circuito abierto



Fuente: Artículo sobre influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica

d) Corriente de cortocircuito (I_{sc}): es aquella que se genera cuando las regiones P y N están unidas por un conductor exterior con una resistencia nula y es proporcional a la iluminación recibida. Es el máximo valor de intensidad de la célula.

Figura 12.- Célula solar en circuito cerrado



Fuente: Artículo sobre influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica

2.2.2.4.- Curvas Características

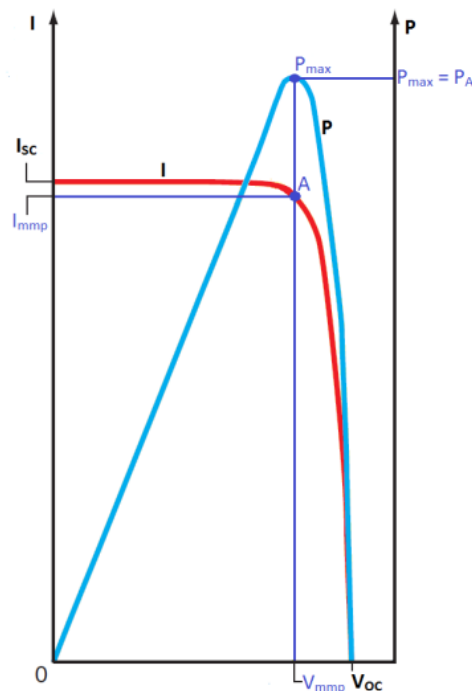
- **Máxima Potencia**

Cuando hablamos de la potencia máxima capaz de suministrar una célula se suele utilizar la siguiente terminología:

$$P_{\max} = V_{\text{mpp}} \cdot I_{\text{mpp}}$$

Si representamos la intensidad y la potencia frente a la tensión generada por una célula a temperatura e irradiación constante obtendremos las curvas características I-V o P-V, donde podremos ver cuál es la potencia máxima y extrapolar ese punto para obtener la intensidad en el punto de máxima potencia I_{mpp} y la tensión en el punto de máxima potencia V_{mpp} . Conviene pues hacer trabajar a la célula fotovoltaica cerca de este punto.

Figura 13.- Curvas características I-V o P-V



Fuente: Artículo sobre influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica

La potencia máxima en condiciones estándar de medida (CEM) o Standard Test Conditions (STC), que son: temperatura de la célula 25°C , irradiancia 1000 W/m^2 y AM (masa de aire) 1,5, también se denomina potencia de pico de la célula.

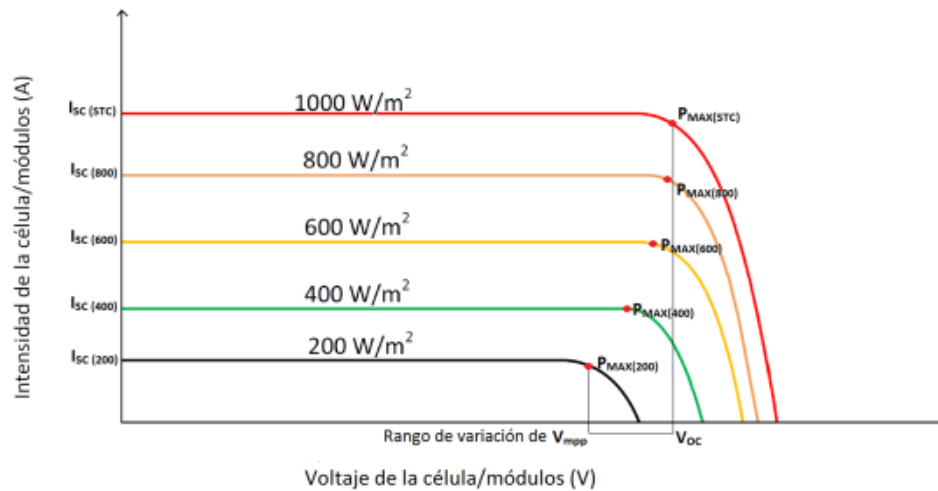
Sin embargo, los sistemas fotovoltaicos raramente operan en condiciones estándar. Las condiciones de funcionamiento son muy variables, pudiendo variar en un rango de $0 - 1000 \text{ W/m}^2$ en el caso de la irradiancia y temperatura de la célula hasta 50°C superior a la temperatura ambiental.

- **Efectos de la Irradiancia**

La tensión y corriente que se genera en una célula depende directamente de la iluminación recibida. La corriente de cortocircuito de la célula es directamente proporcional a la irradiancia como se muestra en la figura siguiente, disminuyendo a medida que se reduce la

irradiancia. La tensión de circuito abierto varía poco con la irradiancia, aunque también decrece, a efectos prácticos se puede considerar constante.

Figura 14.- Curvas características del efecto de irradiancia

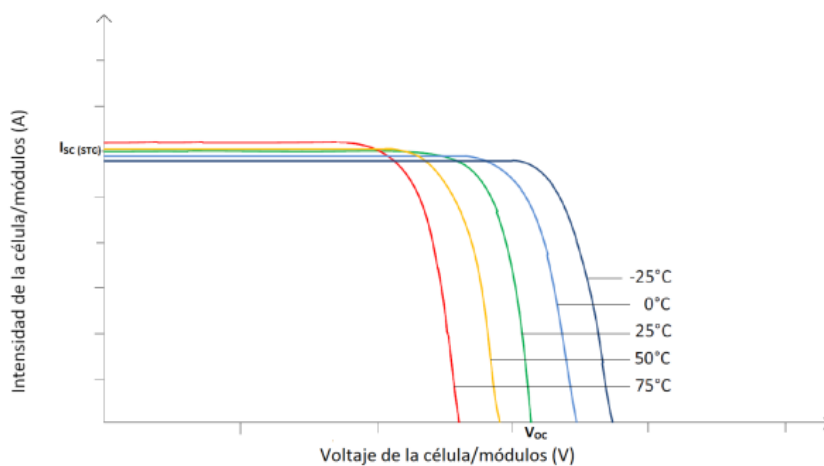


Fuente: Artículo sobre Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica

- **Efecto de la temperatura**

Por otro lado, la temperatura afecta de manera considerable a la tensión, tal y como muestra la figura siguiente:

Figura 15.- Curvas características del efecto de la temperatura

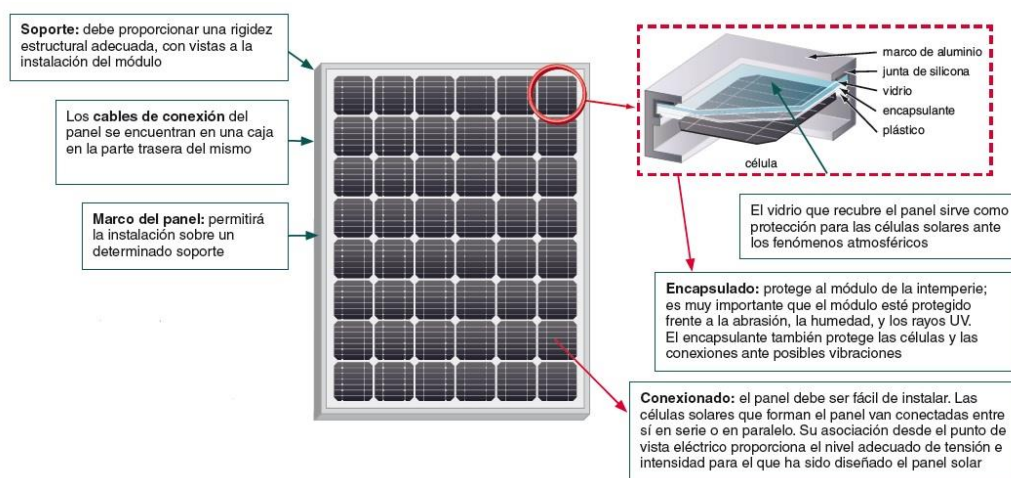


Fuente: Artículo sobre Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica

2.2.3.- Módulo Fotovoltaico

Un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6 V, 12 V, 24 V...), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

Figura 16.- Estructura de un módulo fotovoltaico



Fuente: Artículo sobre los componentes en instalaciones fotovoltaicas PDF (España)

2.2.3.1.- Conexionado de módulos

Los módulos fotovoltaicos se asocian en serie o en paralelo formando un generador fotovoltaico. Para conocer las características eléctricas debidas a la asociación de módulos se deben tener en cuenta los mismos criterios que se han indicado cuando se asocian las células.

La asociación en serie de los módulos se simboliza por un ramal. Hay que recordar que la tensión de circuito abierto de los módulos es superior a las tensiones de funcionamiento correspondiente al punto de máxima potencia. De esta forma obtenemos la tensión requerida.

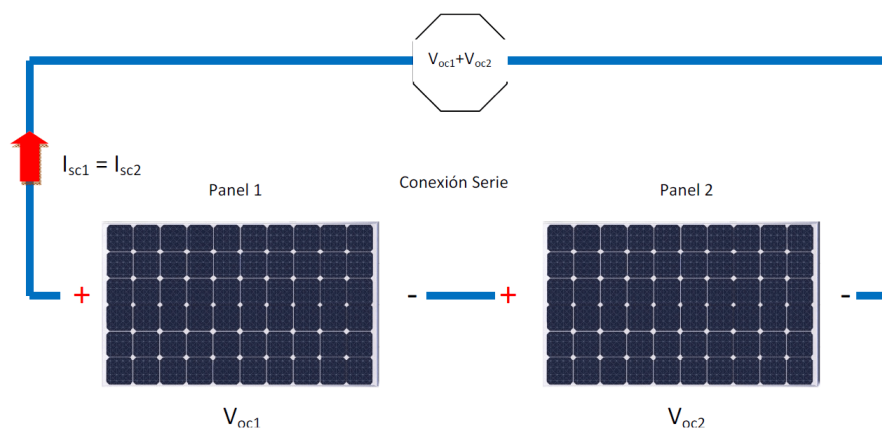
- **Conexión en Serie:**

Se suman las tensiones de cada célula y se mantiene la corriente.

Se conectan diferentes placas uniendo el polo de la primera con el contrario de la segunda. La tensión total del sistema es la tensión del sistema multiplicada por el número de placas colocadas en serie. La intensidad total por el contrario es la intensidad de una única placa

Los distintos ramales de módulos en serie se suelen conectar en paralelo para configurar un generador fotovoltaico. De esta forma obtenemos la corriente requerida.

Figura 17.- Conexión de módulos en serie



Fuente: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/paneles-solares-fotovoltaicos>

- **Conexión en paralelo:**

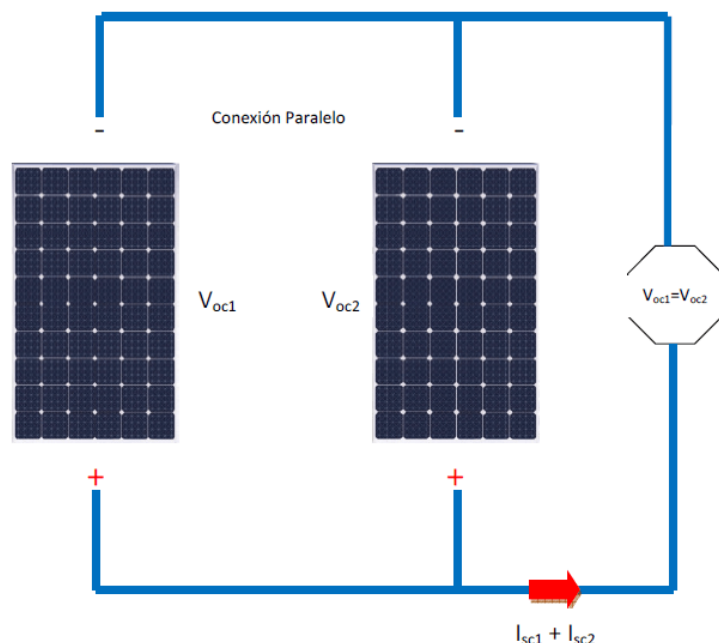
Se suman las corrientes de cada una de ellas y se mantiene la tensión.

Se conectan diferentes placas uniando todos los polos positivos por un lado y los negativos por el otro.

La tensión total del sistema es la tensión de una sola placa. La intensidad total es la intensidad de una multiplicada por el número de placas solares en paralelo.

Para reducir las pérdidas debidas a la dispersión de los parámetros eléctricos de los diferentes módulos se deben utilizar módulos de curvas características iguales, es decir, de la misma marca y modelo.

Figura 18.- Conexión de módulos en paralelo



Fuente: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/paneles-solares-fotovoltaicos/>

2.2.3.2.- Inclínación de Módulo Fotovoltaico

Fuera de la atmósfera la irradiación del Sol tiene una intensidad de 1350 W/m², en la tierra la máxima intensidad de la irradiación es aproximadamente de 1000 W/m², pero en días muy despejados puede ser un poco más alta. (Curso de Energía Solar, PUCP)

En el Perú, la irradiación promedio es una de las más altas del mundo. Muchos de los paneles solares se colocan inclinados para recoger mejor la irradiación solar, la cantidad óptima de energía se recoge cuando el panel está inclinado en el mismo ángulo que el ángulo de la latitud.

El ángulo debería ser de por lo menos 15° para asegurar que el agua de las lluvias discurra fácilmente, lavando el polvo al mismo tiempo. A latitudes mayores (> 30° norte o sur) los paneles están inclinados más sobre el ángulo de latitud para tratar de nivelar las fluctuaciones por estaciones.

2.2.3.3.- Estructura de soporte

Los módulos fotovoltaicos precisan estructuras estables, rígidas y durables que soporten el desgaste climatológico, la fuerza del viento, el peso de la nieve y otras condiciones igualmente adversas. Por eso los soportes para placas solares son una pieza fundamental para las instalaciones solares fotovoltaicas, que sin embargo suele ser bastante denostadas.

Tipos de soportes para placas solares

Las estructuras suelen clasificarse en dos bloques:

- **Estructuras fijas:** muy utilizadas en el ámbito de los módulos fotovoltaicos planos. Dotan a los paneles de ángulos fijos, determinados por la latitud del lugar, que maximizan la eficiencia de la instalación.

Existen modelos para tejado, pared, suelo, poste e inclusive con integración arquitectónica.

Figura 19.- Diseño de una estructura fija para un módulo solar



Fuente: <http://www.solarmat.es/blog/soportes/>

- **Estructuras móviles:** su concepción es bastante distinta, gracias a uno o dos ejes móviles consiguen aumentar la captación solar de los módulos fotovoltaicos realizando un seguimiento del sol (una forma similar al proceder de los girasoles, por ejemplo). Obviamente esta movilidad requiere de un consumo eléctrico y su mayor complejidad mecánica también conlleva más operaciones de mantenimiento.

Figura 20.- Diseño de una estructura móvil para un módulo solar



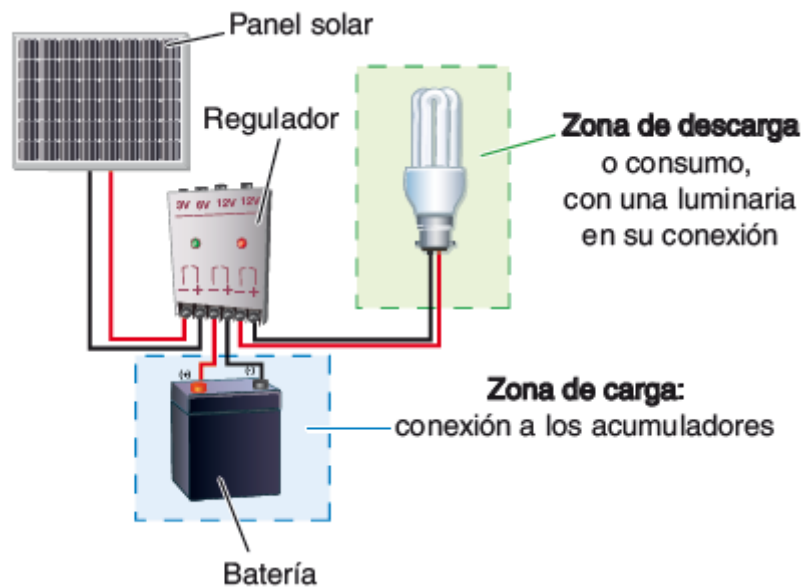
Fuente: <http://www.solarmat.es/blog/soportes/>

2.2.4.- El Regulador

Para un correcto funcionamiento de la instalación, hay que instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías. Este elemento recibe el nombre de regulador y tiene como misión evitar situaciones de carga y sobredescarga de la batería, con el fin de alargar su vida útil.

El regulador trabaja por tanto en las dos zonas. En la parte relacionada con la carga, su misión es la de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga se ocupará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería.

Figura 21.- Conexión del regulador en una instalación fotovoltaica



Fuente: Artículo sobre los componentes en instalaciones fotovoltaicas PDF (España)

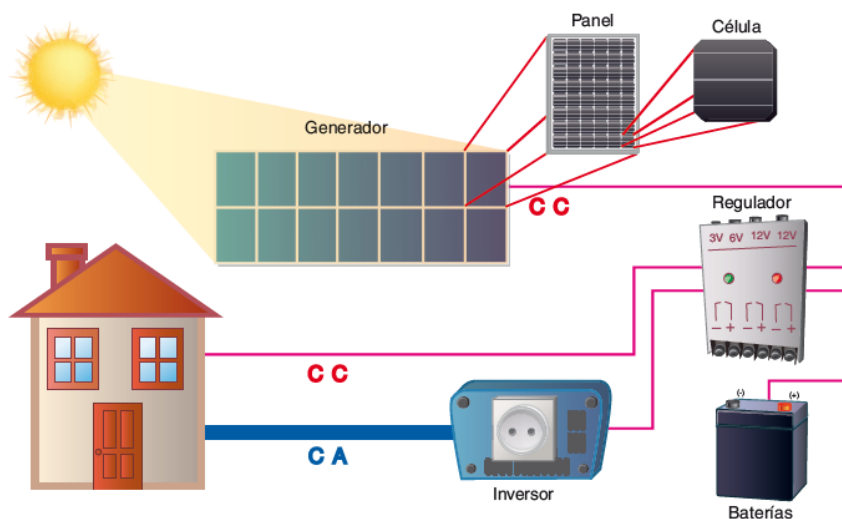
2.2.5.- El Inversor

El inversor se encarga de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna, igual a la utilizada en la red eléctrica: 220 V de valor eficaz y una frecuencia de 60 Hz.

Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a red, y estará presente en la mayoría de instalaciones autónomas, sobre todo en aquellas destinadas a la electrificación de viviendas.

Un esquema de este tipo de instalaciones es el representado en la figura

Figura 22.- Conexión del inversor en una instalación fotovoltaica



Fuente: Artículo sobre los componentes en instalaciones fotovoltaicas PDF (España)

2.2.6.- Acumuladores o Baterías

La llegada de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos. Algunas de estas variaciones son predecibles, como la duración de la noche o las estaciones del año, pero existen otras muchas causas que pueden producir alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida, como puede ocurrir con un aumento de la nubosidad en un determinado instante.

Este hecho hace necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados. Para ello se utilizarán las baterías o acumuladores.

Las baterías son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida.

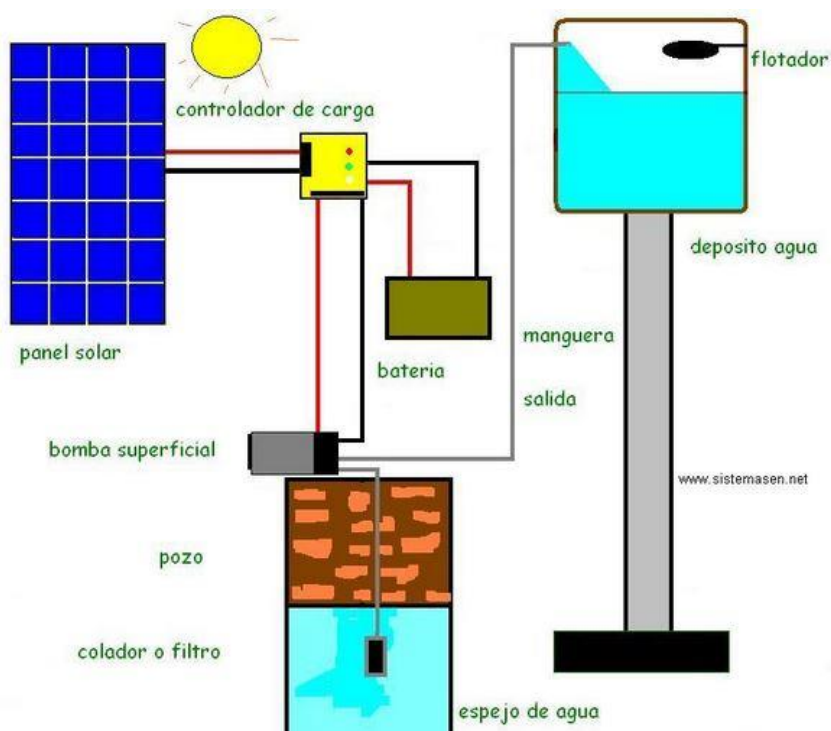
Tres son las misiones que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:

- Almacenar energía durante un determinado número de días.
- Proporcionar una potencia instantánea elevada.
- Fijar la tensión de trabajo de la instalación.

2.2.7.- Sistema de Bombeo Fotovoltaico

Un sistema de bombeo fotovoltaico está formado por un generador fotovoltaico establecido por paneles solares que genera una corriente continua que será transmitida al sistema motor-bomba. Para que la electricidad que generan los paneles solares sea adecuada para el sistema motor-bomba, existen unos sistemas de acondicionamiento de potencia (inversores, reguladores, convertidores, etc.), también consta de un sistema de tuberías, un depósito de acumulación (opcional) y un pozo para la extracción de agua.

Figura 23.- Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico



Fuente: Bombeo de agua con paneles solares fotovoltaicos – Blog Eliseo Sebastián

El generador fotovoltaico está compuesto por varios módulos fotovoltaicos que pueden estar conectados en serie y/o en paralelo en función de las necesidades hasta obtener la potencia deseada, primero se realiza la asociación en serie hasta conseguir la tensión adecuada y luego la asociación en paralelo hasta alcanzar el nivel de corriente deseada.

Estos módulos van instalados sobre una estructura para conseguir una posición ideal respecto al sol, esta posición ideal se basa en el ángulo óptimo de inclinación. Existen otras estructuras que realizan un seguimiento solar durante el día, estas estructuras pueden ser de tres tipos distintos en función del tipo de seguimiento que realicen:

- **Seguimiento cenital:** Este tipo de seguimiento es de un solo eje, sigue la trayectoria del sol desde su posición más baja hasta su posición más alta, con un eje de rotación horizontal.
- **Seguimiento azimutal:** Este tipo de seguimiento es de un solo eje, sigue la trayectoria del sol desde su posición más oriental hasta su posición más occidental, con un eje de rotación vertical.
- **Seguimiento polar:** Este tipo de seguimiento es de un solo eje, sigue la trayectoria del sol desde su posición más oriental hasta su posición más occidental, con un eje de rotación inclinado respecto la vertical.

Una célula solar es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica. La gran mayoría de las células solares que actualmente están disponibles comercialmente son de silicio monocristalino o policristalino. Las células monocristalinas de silicio se encuentran más generalizadas aunque su proceso de creación es más complicado.

Tabla 3.- Tipos y características de células fotovoltaicas

CELULAS	RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERISTICAS	FABRICACION
MONOCRISTALINO	24%	15-18%	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre si	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro
POLICRISTALINO	19-20%	12-14%	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización
AMORFO	16%	< 10%	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico

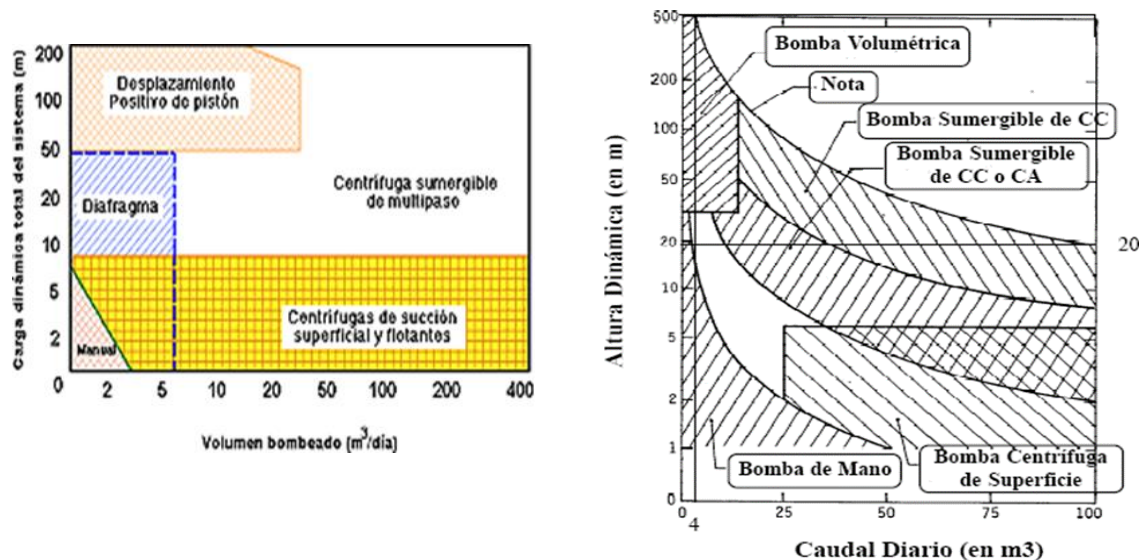
Fuente: Bombeo de agua con paneles solares fotovoltaicos – Blog Eliseo Sebastián

2.2.7.1.- Condiciones Hidráulicas

Antes de determinar el tamaño del sistema de bombeo de agua, es necesario entender los conceptos básicos que describen las condiciones hidráulicas de una obra. El tamaño del sistema está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen diario necesario. Este producto se conoce como ciclo hidráulico. La carga dinámica total es la suma de la carga estática (CE) y la carga dinámica (CD)

$$\text{CDT} = \text{CE} + \text{CD} = \text{Nivel estático} + \text{abatimiento} + \text{altura de la descarga} + \text{fricción}$$

Figura 24.- Gráficas y curvas representativas de las condiciones hidráulicas de un sistema de bombeo



Fuente: Guía bombeo agua energía fotovoltaica (libro de consulta.pdf)

- **Carga Estática**

La primera parte, la carga estática, puede obtenerse con mediciones directas. Se trata de la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel de abatimiento del pozo hasta la altura en que se descarga el agua. La carga estática es entonces la suma del abatimiento, el nivel estático y la altura de descarga. Todos los pozos experimentan el fenómeno de abatimiento cuando se bombea el agua. Es la distancia que baja el nivel del agua debido a la constante extracción de agua. La figura muestra estos componentes hidráulicos que forman carga estática.

- **Carga Dinámica (Fricción)**

La carga dinámica, es el incremento en la presión causado por la resistencia al flujo al agua debido a la rugosidad de las tuberías y componentes como codos y válvulas. Esta rugosidad depende del material usado en la fabricación de las tuberías. Los tubos de acero producen una fricción diferente a la de los tubos de plástico PVC de similar tamaño. Además, el diámetro de los tubos influye en la fricción. Mientras más estrechos mayor resistencia producirá.

Para calcular la carga dinámica, es necesario encontrar la distancia que corre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como el material de la línea de conducción y su diámetro. Con esta información se puede estimar la carga dinámica de varias maneras.

- **Valor por omisión**

La carga dinámica es aproximadamente el 2% de la distancia de recorrido del agua. Por lo general el resultado es una estimación conservadora si se asume que los sistemas de bombeo solar típicos tienen flujos de menos de 1 l/s y las bombas recomendadas se conectan a tuberías de diámetro amplio.

2.2.7.2.- Bombas

Son equipos compuestos de partes y mecanismos que, accionados por un elemento motriz transmiten energía centrífuga a un líquido para incrementar su presión. Las bombas para agua se utilizan para transportar agua de un sitio a otro, o para incrementar la presión o fuerza que se requiera, ya sea para vencer alturas de elevación, alimentar un sistema hidroneumático, mover aspersores, combinaciones de las necesidades anteriormente nombradas, etc. existen varios tipos:

- **Bombas centrífugas**

Tienen un impulsor que por medio de la fuerza centrífuga de su alta velocidad arrastran agua por su eje y la expulsan radialmente. Estas bombas pueden ser sumergibles o de superficie son capaces de bombear el agua a 60 metros o más, dependiendo del número y tipo de impulsores. Están optimizadas para un rango estrecho de cargas dinámicas totales y la salida de agua se incrementa con su velocidad rotacional.

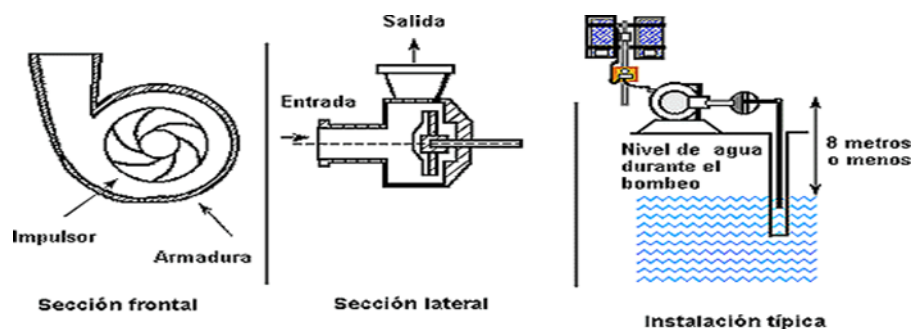
Las bombas de succión superficial se instalan a nivel del suelo y tienen ventaja de que se les puede inspeccionar y dar servicio fácilmente.

Tienen la limitante de que no trabajan adecuadamente si la profundidad de succión excede los 8 metros.

Hay una gran variedad de bombas centrífugas sumergibles. Algunas de estas bombas tienen el motor acoplado directamente a los impulsores y se sumergen completamente. Otras, tienen el motor en la superficie mientras que los impulsores se encuentran completamente sumergidos y unidos por una flecha. Generalmente las bombas centrífugas sumergibles tienen varios impulsores y por ello, se les conoce como bombas de paso múltiple.

Todas las bombas sumergibles están selladas y tienen el aceite de lubricación contenido para evitar contaminación del agua. Otras bombas utilizan el agua misma como lubricante. Estas bombas no deben operarse en seco por que sufren sobrecalentamiento.

Figura 25.- Vista lateral y frontal de una bomba centrífuga

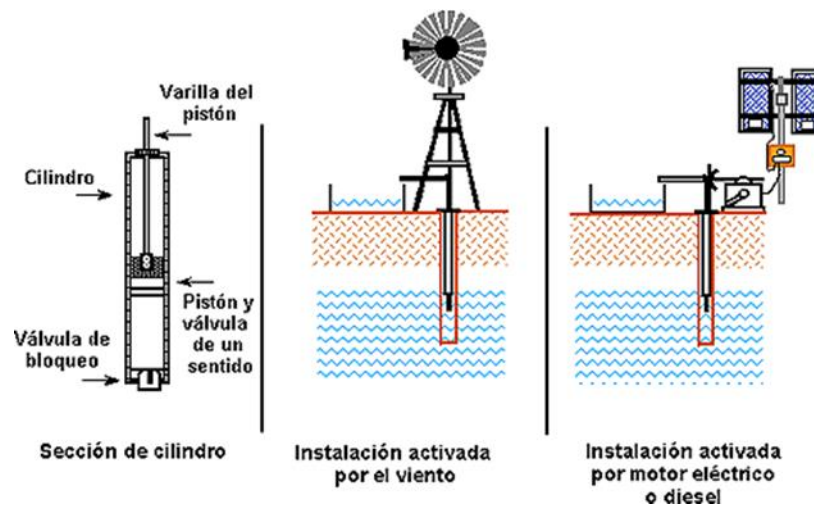


Fuente: Guía bombeo agua energía fotovoltaica (libro de consulta.pdf)

- **Bombas volumétricas**

Las bombas volumétricas o de desplazamiento positivo son adecuadas para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande. Algunas de estas bombas usan un cilindro y un pistón para mover paquetes de agua a través de una cámara sellada. Otras utilizan un pistón con diafragmas. Cada ciclo mueve una pequeña cantidad de líquido hacia arriba. El caudal es proporcional al volumen de agua. Esto se traduce a un funcionamiento eficiente en un amplio intervalo de cargas dinámicas. Cuando la radiación solar aumenta también aumenta la velocidad del motor y por lo tanto el flujo de agua bombea es mayor.

Figura 26.- Vista de la instalación de una bomba volumétrica



Fuente: Guía bombeo agua energía fotovoltaica (libro de consulta.pdf)

- **Bombas de cilindro:**

Las bombas de cilindro han sido muy populares en aplicaciones de bombeo mecánico activadas por el viento, tracción animal o humana. Su principio consiste en que cada vez que el pistón baja, el agua del pozo entra a su cavidad y cuando este sube, empuja el agua a la superficie. La energía eléctrica requerida para hacerla funcionar se aplica solo durante una parte del ciclo de bombeo. Las bombas de esta categoría deben estar siempre conectadas a un controlador de corriente para aprovechar al máximo la potencia otorgada por el arreglo fotovoltaico.

- **Bombas de diafragma:**

Las bombas de diafragma desplazan el agua por medio de diafragmas de un material flexible y resistente. Comúnmente los diafragmas se fabrican de caucho reforzado con materiales sintéticos. En la actualidad, estos materiales son muy resistentes y pueden durar de dos a tres años de funcionamiento continuo antes de requerir reemplazo dependiendo de la calidad del agua. Los fabricantes de estas bombas producen un juego de diafragmas para reemplazo que pueden adquirirse a un precio razonable. Existen modelos sumergibles y no sumergibles.

Las bombas de diafragma son económicas. Cuando se instala una bomba de este tipo siempre se debe considerar el gasto que representa el reemplazo de diafragmas una vez cada dos o tres años. Más aun, muchas de estas bombas tienen un motor de corriente continua con

escobillas. Las escobillas también deben cambiarse periódicamente. Los juegos de reemplazo incluyen los diafragmas, escobillas, empaques y sellos. La vida útil de este tipo de bomba es aproximadamente 5 años del uso.

2.2.7.3.- Motores

Pueden ser DC, AC o DC sin escobillas. Es habitual que el motor y la bomba formen una única unidad compacta que denominaremos motobomba o simplemente bomba.

- **Motores DC:** Las principales partes del motor de corriente continua son el inductor y el estator. Se denomina estator a la parte fija de la máquina y rotor a la parte giratoria. Estos motores se caracterizan por su voltaje, potencia y velocidad. La potencia que puede desarrollar un motor es proporcional al par y a su velocidad. La velocidad de giro del motor depende del voltaje, la intensidad y el flujo magnético. La utilización de estos motores debe evitarse en sistemas sumergibles debido a que las escobillas requieren un mantenimiento regular que implica sacar la bomba del pozo. Los motores DC ofrecen un alto rendimiento y no necesitan inversor.
- **Motores DC sin escobillas:** Los motores sin escobillas tiene un rotor de imanes permanentes y un estator bobinado (normalmente a tres fases). La conmutación del campo, que es realizada por las escobillas es realizada electrónicamente. La electrónica de control puede estar incorporada tanto en el propio motor como externamente. Estos motores son ideales para ser utilizados en bombas sumergibles, su

rendimiento es menor al no existir escobillas. Presentan un alto rendimiento y su fiabilidad es parecida a los motores de corriente alterna.

- **Motores AC:** Los motores AC son los más usados, existen dos tipos, asíncronos y síncronos. Los más habituales en el uso de energía fotovoltaica son los motores asíncronos. Al igual que en los motores de corriente continua, los alternos se componen de estator y rotor, con la diferencia que, en éstos, su voltaje, potencia y velocidad de giro dependen fundamentalmente de la frecuencia. Los principales inconvenientes frente a los motores DC, es su menor rendimiento por las pérdidas en el circuito magnético o el calentamiento del motor, y su coste económico superior por la necesidad de un inversor DC/AC.

El sistema de acondicionamiento de potencia está formado por inversores (DC/AC), convertidores (DC/AC), controladores de motor y reguladores.

2.2.7.4.- Convertidores DC/AC

Su objetivo principal es conservar tanto al generador como a la carga en su punto óptimo de trabajo. El convertidor convierte una potencia de entrada en otra potencia de salida. Existen dos tipos de convertidores, los que elevan la tensión de salida y los reductores de tensión.

2.2.7.5.- Baterías

El sistema de baterías es opcional, el objetivo principal de la batería es acumular la energía sobrante durante las horas de sol y máximo funcionamiento, para después reutilizarla en horario nocturno o en días de

baja irradiación solar. El principal problema que tiene el uso de baterías es la reducción considerable en la fiabilidad de la instalación e incrementa la necesidad de mantenimiento, además es necesario el uso de un regulador y diodos de bloqueo para evitar que la batería se descargue por la noche, suponiendo un coste añadido en la instalación. En definitiva, el uso de baterías es razonable únicamente cuando el bombeo durante las horas de sol no es suficiente para satisfacer las necesidades mínimas de agua.

2.2.7.6.- Regulador

El regulador es exclusivamente necesario con el uso de baterías para protegerla de sobrecargas o sobre descargas.

2.2.8.- Depósito de acumulación

Un sistema de bombeo alimentado con energía solar solamente bombea agua por el día. Si no se tiene un sistema de baterías la única forma de disponer de un suministro de agua en horas nocturno es un depósito de almacenamiento.

2.2.8.1.- Almacenamiento a largo plazo

Este sistema almacena agua de un mes para otro, son depósitos de gran volumen que en su mayoría resulta poco aconsejable económicamente.

2.2.8.2.- Almacenamiento a corto plazo

Es el almacenamiento más aconsejable, lo recomendable es un depósito para asegurarse varios días de autonomía.

2.2.9.- Configuración de bombeo

La configuración en un sistema de bombeo fotovoltaico está determinada por el tipo de generador, el tipo de bomba, el tipo de motor y el tipo de acondicionamiento de potencia. Se pueden distinguir dos principales diseños en función de la potencia a utilizar.

2.2.9.1.- Sistemas de pequeña potencia (50–400 Wp)

Estos sistemas utilizan principalmente motores DC accionando una bomba centrífuga superficial. Entre el motor y el generador se instala un convertidor DC/AC para mejorar su acoplo. Estos sistemas tienen un PVC (potencia equivalente) $< 150 \text{ m}^3/\text{día}$. Los principales componentes son:

- Generador fotovoltaico
- Convertidor DC/DC (opcional)
- Motor DC
- Bomba
- Depósito de almacenamiento (opcional)

2.2.9.2.- Sistemas de media potencia (400–1500 Wp)

Tienen principalmente dos configuraciones, motor AC con bomba centrífuga sumergible o motor DC sin escobillas con una bomba de desplazamiento positivo. En el caso de instalar un motor AC se deberá instalar un inversor DC/AC de frecuencia variable con SPMP son sistemas de fiabilidad elevada. En el caso de motores sin escobillas, obtienen un rendimiento mayor que los motores DC o AC, la bomba de desplazo positivo también ofrece un rendimiento superior a las bombas centrífugas,

es una configuración nueva y todavía no está probada su fiabilidad. Estos sistemas son recomendables para $150 \text{ m}^3/\text{día} < \text{PVC}$ (potencia equivalente) $< 1500 \text{ m}^3/\text{día}$. Los principales componentes son:

- Generador fotovoltaico
- Convertidor DC/AC
- Motor AC
- Bomba
- Depósito de almacenamiento (opcional)

2.2.10.- Dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico

El dimensionamiento de un sistema de bombeo está basado en tres parámetros fundamentales:

- Evaluación de la energía a necesitar.
- Evaluación de la energía solar disponible.
- Definición del equipo de bombeo necesario.

Primero debemos calcular los valores medios mensuales del agua que es necesario para satisfacer la demanda requerida. A través de estos datos de caudal y de la altura de bombeo obtenemos la energía hidráulica necesaria.

Con los datos de radiación solar de nuestro emplazamiento seleccionado, elegimos el mes más desfavorable dentro de nuestras necesidades, para establecerlo como el mes de dimensionamiento. Por otra parte, la buena elección de los componentes del sistema asegurará un buen rendimiento, larga vida útil y una gran fiabilidad.

A continuación, se describirá la evaluación de la energía a necesitar

2.2.10.1.- Cálculo de las necesidades de agua

Es importante conocer el volumen de agua que es necesario para satisfacer la demanda presentada. Las distintas necesidades de agua son:

- Agua para el consumo humano
- Agua para consumo de animales
- Agua para riego

Es muy importante realizar un estudio del pozo del que se extraerá toda el agua durante el proceso, considerando las variaciones estacionales, para asegurarse que la bomba no trabaje en vacío, creando así graves problemas a todo el sistema.

Es estos casos, existen dos tipos de consumo:

- **Consumo continuo:** Es el caso de una vivienda, que puede consumir agua tanto por la noche como por el día y durante todo el año.
- **Consumo estacional:** Este tipo de consumo es realizado por los sistemas de riego agrario.

Tabla 4.- Caudal necesario para cada tipo de consumo

Tipos de Consumo	Caudal (m³/día)
Consumo humano	0-10
Consumo de animales	0-20
Agua para riego	0-40

Fuente: Cervantes Herrejon (2009), “Estudios de Sistemas de Bombeo Fotovoltaico”.

La altura equivalente de bombeo o altura hidráulica de bombeo, es la presión efectiva que debe vencer la bomba para su correcto funcionamiento.

2.2.10.2.- Cálculo de la altura equivalente de bombeo

La altura equivalente de bombeo o altura hidráulica de bombeo, es la presión efectiva que debe vencer la bomba para su correcto funcionamiento.

$$H_{EB} = H_d + H_e + A_p \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

A_p: Abatimiento del pozo (m)

H_e: Altura estática (m)

H_d: Altura dinámica (m)

H_{EB}: Altura equivalente de bombeo (m)

La fuente de las ecuaciones utilizadas en éste capítulo (II), se encuentra citada en la parte inferior de la pág. 87⁹.

2.2.10.3.- La altura dinámica

Es la caída de presión cuando un líquido circula por el interior de una tubería, a esto se le denomina fricción. Estas pérdidas de carga dependen de la longitud de la tubería, de su diámetro y del coeficiente de fricción. La altura dinámica puede ser calculada a través de la fórmula de Hazen-Williams:

$$H_d = 10.67 (L) \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} (d)^{-4.869} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde

C: Coeficiente de Hazen-Williams

d: Diámetro interno de la tubería (m)

H_d: Altura dinámica (m)

Q: Caudal (m³/s)

L: Longitud de la tubería (m)

Tabla 5.- Valores del coeficiente de Hazen-Williams

Material de la tubería	C
Acero remachado (nuevo)	110
Acero remachado (usado)	85
Acero soldado (nuevo)	130
Acero soldado (usado)	90
Hierro fundido (nuevo)	130
Hierro fundido (15-20 años)	100
Hierro fundido (>20 años)	90
Concreto (buena terminación)	130
Concreto (terminación común)	120
Asbesto-cemento	140
Plástico (PVC)	150

Fuente: Guía bombeo agua energía fotovoltaica (libro de consulta.pdf)

2.2.10.4.- La altura estática

Es la distancia geométrica desde el nivel del agua en el pozo hasta el punto más elevado donde debe bombearse el agua.

El abatimiento es el descenso del nivel del agua en el espacio interior del pozo desde un nivel estacionario, en el que el nivel extraído es nulo, hasta un determinado nivel, cuando el caudal extraído es Q.

$$A_p = \frac{\text{Ln}(t)}{4\pi T} \cdot Q + K_w \cdot Q + D_w \cdot Q^2 \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

A_p: Abatimiento dentro del pozo de bombeo.

D_w: Constante que representa la suma de los coeficientes constantes de las componentes cuadráticas del abatimiento, debida a los mismos efectos que se han señalado para kW

K_w: Constante que representa la suma de los coeficientes de los componentes lineales constantes del abatimiento debidas a las características del acuífero no alterado, los efectos de la zona de desarenado, los efectos del empaque de grava y los efectos de las pérdidas de carga en la rejilla y la camisa.

Q: Caudal

T: Coeficiente de transmisividad del acuífero, es la capacidad de un medio poroso para transmitir el agua según el espesor del acuífero y su permeabilidad.

t: Tiempo de bombeo.

2.2.10.5.- Cálculo del consumo energético estimado

Una vez establecidas las necesidades hídricas a dimensionar y calculada la altura total de la instalación procederemos a calcular la energía consumida por la bomba y necesaria para que nuestra instalación funcione correctamente

$$E_{\text{Consumida}} = \frac{N(Q)(H_{EB})}{367(\eta_{\text{Bomba}})} \quad (\text{Ec.4})$$

Donde

H_{EB}: Altura equivalente de bombeo (m)

N: Número de horas de funcionamiento del sistema (h)

η_{Bomba}: Eficiencia de la bomba en el punto de trabajo (50%)

Q: Caudal requerido (m³/s)

2.2.10.6.- Evaluación de la energía solar disponible

La potencia que entrega un panel fotovoltaico dependerá exclusivamente de la radiación solar que incida sobre él. La radiación solar varía en función de la localización geográfica, la estación en la que nos encontremos y también en la hora del día. Para poder realizar un dimensionamiento solar adecuado se debe disponer de datos medios mensuales de radiación solar del lugar donde se desee realizar la instalación. Generalmente la radiación solar mensual viene expresada en (kWh/m²/día).

La cantidad de energía solar incidente en el panel dependerá de la orientación relativa al norte y del ángulo que forma con los rayos del sol.

Para conseguir un mayor aprovechamiento de la instalación se deben calcular la orientación y el ángulo de inclinación óptimos. Existen algunas páginas de internet donde calculan directamente los datos de orientación y ángulo óptimos con seleccionar la ubicación geográfica que se desee.

Después de seleccionar la ubicación del proyecto, obtenemos los datos medios mensuales de irradiación de todo el año, seleccionamos dentro de nuestros requisitos el mes más desfavorable, es decir el mes con menor irradiancia.

Hoy en día existe una gran variedad de bases de datos de donde se puede obtener información sobre la radiación solar disponible en cualquier parte del planeta, tenemos, por ejemplo:

- PVGIS: Photovoltaic Geographical Information System (Europa)
- Open-Solar DB: Datos mundiales de Radiación
- Surface meteorology and Solar Energy Data Set – NASA
- Atlas Solar del Perú

2.2.10.7.- Definición del equipo de bombeo necesario

La elección del equipo de bombeo alimentado fotovoltaicamente consta de uno o unos paneles fotovoltaicos que se usan como generador, un motor, una bomba, un inversor, un sistema de tuberías, conductores y protecciones. Si la instalación de bombeo está constituida por un sistema de baterías, es necesario además de todo lo anteriormente descrito, dimensionar las baterías y elegir un regulador. En esta parte se dimensionará el generador, la bomba y el motor.

2.2.10.8.- Dimensionamiento del panel fotovoltaico

El dimensionamiento del panel fotovoltaico consiste en el cálculo de la potencia pico del panel, que es necesario instalar para satisfacer las necesidades de agua a lo largo de todo el año. Inicialmente en el dimensionado se supone que el panel opera en condiciones estándar de medida CEM (25°C y 1000 W/m²) y que el punto de trabajo coincide con el de máxima potencia todo el día.

En condiciones reales de operación esto no sucede así y la potencia de salida del panel es inferior a la potencia pico, ya que la irradiancia varía a lo largo de las horas del día con valores menores que 1000 W/m² y hay pérdidas de rendimiento por efectos de desacople respecto del punto de máxima potencia e influencia de la temperatura de operación.

Por lo tanto, para estimar la potencia pico del generador se tiene la siguiente ecuación:

$$P_p = \eta_p \cdot A \cdot G_0 \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

A: Área del panel fotovoltaico (m²)

G₀: 1000 (W/m²) irradiancia de referencia

η_p: Rendimiento del panel a temperatura de referencia (25°C)

P_p: Potencia del panel (W)

El área del panel fotovoltaico necesario para suministrar energía eléctrica diaria E_e se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A = \frac{E_e}{\eta_{mdpco} \cdot G_{md}} \quad (Ec.6)$$

Donde

A: Área de paneles fotovoltaicos (m²)

E_e: Energía eléctrica diaria (Wh/día)

G_{md}: Radiación media diaria mensual incidente en el plano del panel
(kWh/m²/día)

η_{mdpco}: Rendimiento medio diario del panel en condiciones de
operación

El rendimiento medio diario mensual del panel puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$\eta_{mdpco} = F_m [1 - \delta(T_c - 25)] \eta_p \quad (Ec.7)$$

Donde:

F_m: Factor de acoplo medio, definido como el cociente entre la energía eléctrica generada en condiciones de operación y la energía que se generaría si el sistema trabajase en el punto de máxima potencia. Si no se conoce su valor se puede tomar como valor: 0,9 para bombas centrífugas y 0,8 para otro tipo de bombas

η_{mdpco}: Rendimiento medio diario del panel en condiciones de
operación.

η_p: Rendimiento del panel a temperatura de referencia (25°C)

T_c : Temperatura media diaria de los módulos durante las horas de sol
(°C)

δ : Coeficiente de variación de la potencia con la temperatura de las células con valores entre (0,004-0,005 1/°C)

La energía eléctrica necesaria se relaciona con la energía hidráulica a través del rendimiento medio diario mensual del subsistema motor-bomba:

$$E_e = \frac{E_h}{\eta_{mb}} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

E_e : Energía eléctrica diaria (Wh/día)

E_h : Energía hidráulica diaria (Wh/día)

η_{mb} : Rendimiento medio diario mensual del subsistema motor-bomba

Tabla 6.- Valores de η_{mb} en función de la configuración moto-bomba

TIPO	VALOR MEDIO	MEJOR VALOR
Superficial con motor CC y bomba centrífuga	25%	30%
Superficial con motor CC y bomba centrífuga multiestado	28%	40%
Motor AC o CC sumergible con bomba centrífuga Motor CC superficial con bomba desplazamiento positivo	32%	42%

Fuente: Guía bombeo agua energía fotovoltaica (libro de consulta.pdf)

Por lo tanto, sustituyendo todas las ecuaciones anteriores en la primera nos encontramos con la siguiente expresión:

$$P_p = \frac{E_c}{\eta_{mb}} \cdot \frac{G_o}{F_m[1-\delta(T_c-25)].G_{md}} \quad (\text{Ec.9})$$

Donde:

E_c : Energía consumida por diaria (Wh/día)

G_{md} : Radiación media diaria mensual incidente en el plano del panel
(kWh/m²/día)

G_o : 1000 (W/m²) irradiancia de referencia

η_{mb} : Rendimiento medio diario mensual del sistema motor-bomba

P_p : Potencia del panel (W)

T_c : Temperatura media diaria de los módulos en las horas de sol (°C)

δ : Coeficiente de variación de la potencia con la temperatura de las células con valores entre (0,004-0,005 1/°C)

Una vez calculado la potencia pico ya podemos elegir los paneles fotovoltaicos a instalar, teniendo siempre en consideración que la potencia a instalar por parte de los módulos fotovoltaicos deberá ser mayor o igual, preferiblemente superior, a la potencia pico calculada. La configuración de paneles serie-paralelo viene establecida por esta relación:

$$N^{\circ} \text{ de paneles en serie} = \frac{\text{Voltaje nominal del motor}}{\text{Voltaje nominal de módulos}} \quad (\text{Ec.10})$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles en paralelo} = \frac{\text{Potencia pico del motor}}{(N^{\circ} \text{ de paneles en serie})(\text{Potencia pico de un módulo})} \quad (\text{Ec.11})$$

2.2.10.9.- Dimensionamiento de la bomba

La bomba es la encargada de succionar el agua del pozo, impulsada por el motor, para después llevarla hasta el depósito de acumulación en el caso de que los haya o bien utilizarla directamente. Se puede calcular el caudal pico que debe suministrar la bomba a partir de la potencia pico del generador y del rendimiento motor-bomba considerado. Este caudal pico debe ser siempre mayor que el caudal necesario para satisfacer las necesidades estipuladas.

$$Q_p = \frac{P_p \cdot \eta_{mb}}{g \cdot h} \quad (\text{Ec.12})$$

Donde:

g: 9,8 (m/s²), gravedad

h: Altura de bombeo (m)

P_p: Potencia del generador (W)

Q_p: Caudal pico (l/s)

η_{mb}: Rendimiento medio diario mensual del subsistema motor-bomba

Para poder determinar la capacidad de la bomba, es necesario conocer el caudal y la altura de trabajo, con estos valores se determina la potencia de la bomba.

$$P_{bomba} = \frac{\delta \cdot Q_{prom} \cdot H_{EB}}{\eta_b} \quad (\text{Ec.13})$$

Donde

H_{EB} : Altura equivalente de bombeo (m)

Q_{prom} : Caudal promedio (m³/s)

δ : Peso específico del agua (1000 kg/m³)

η_b : Rendimiento real de la bomba

2.2.10.10.- Dimensionamiento de regulador de carga

El regulador de carga tiene como función controlar el voltaje que ingresa a la bomba, para su dimensionamiento se trabaja con las corrientes de entrada y salida del regulador, eligiéndose el mayor valor entre ambos para seleccionar dicho equipo.

$$I_{Re} = 1.25(I_{cc}) \quad (Ec.14)$$

$$I_{Rs} = \frac{P_{carga}}{V_{nominal}} \quad (Ec.15)$$

2.2.10.11.- Dimensionamiento de las baterías

Las baterías se plantean como alternativa a poder almacenar energía con el objetivo de poder utilizar la misma y alimentar la bomba para bombear el agua por la noche si la demanda lo requiere o es necesario abastecer el tanque de almacenamiento. La demanda pico deberá ser contrastada también con el mes de menor radiación. La batería que se plantea son las baterías solares o secas, o en su defecto las que se utilizan para el sector automotriz.

Los dos parámetros importantes para el dimensionado de una batería son la máxima profundidad de descarga (estacional y diaria) y el

número de días de autonomía. Como norma general, tomaremos estos parámetros:

- Profundidad de Descarga Máxima Estacional

$$(P_{Dmax,e}) = 70\% = 0,7$$

- Profundidad de Descarga Máxima Diaria

$$(P_{Dmax,d}) = 15\% = 0,15$$

- Número de días de Autonomía (N) = 1 - 5

Para realizar los cálculos de la capacidad de la batería, empleamos la siguiente formula:

Para una descarga diaria

$$CAPACIDAD_{(Wh)} = \frac{CONSUMO}{P_{descarga-día}(F_{ct})} \quad (Ec.16)$$

$$Capacidad_{(Ah)} = \frac{CAPACIDAD_{(Wh)}}{V_{batería}} \quad (Ec.17)$$

Para una descarga estacional

$$CAPACIDAD_{(Wh)} = \frac{N_{autónoma} \cdot CONSUMO}{P_{descarga-est.}(F_{ct})} \quad (Ec.18)$$

$$Capacidad_{(Ah)} = \frac{CAPACIDAD_{(Wh)}}{V_{batería}} \quad (Ec.19)$$

Para efectos del dimensionamiento de la batería, elegimos el resultado mayor en potencia o amperaje.

2.2.10.12.- Dimensionamiento de los conductores

Los conductores se encargan de transmitir la corriente desde el punto de generación, en este caso los paneles fotovoltaicos, al punto de consumo: bomba. A la hora de elegir el conductor, este debe ser capaz de soportar no solo perfectamente la corriente nominal de servicio y la corriente de arranque de la bomba (motor) sino que debe soportar la corriente de cortocircuito durante el breve periodo de tiempo que tardan las protecciones en detectar la falta y actuar, sin producirse defectos en el cable. Para seleccionar el conductor ideal para una instalación debemos calcular la sección que este debe tener para garantizarnos la funcionalidad anteriormente descrita. Para ello utilizamos la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{\rho \cdot \Delta V} \quad (\text{Ec.20})$$

Donde:

I: Intensidad máxima (datos del fabricante)

L: Longitud del conductor (m)

S: Sección (mm²)

cosφ: Factor de potencia del motor (datos del fabricante)

ρ: Conductividad del cobre (Ω-m/mm²)

ΔV: 1-3%, Caída de tensión (V)

A la hora de calcular la sección del conductor introducimos la corriente más alta que se produce en el motor que es la corriente de arranque,

esta corriente se produce en los primeros instantes de la puesta en marcha del motor y según datos del fabricante es 4 veces más alta que la corriente nominal de servicio y por lo tanto la más restrictiva para realizar nuestro cálculo.

Una vez obtenida la sección idónea del conductor llevamos este dato a las tablas del Código Nacional de Electricidad para redes eléctricas en baja tensión:

Tabla 7.- Valores de capacidad de corriente para conductores

CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)			
CALIBRE AWG o kcmil	TW 60°C	THW 75°C	THHN/THWN 90°C
14	20	20	25
12	25	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
2	95	115	130
1	110	130	150
1/0	125	150	170
2/0	145	175	195
3/0	165	200	225
4/0	195	230	260
250	215	255	290
350	260	310	350
500	320	380	430
Hasta tres conductores transportando corriente, en una canalización, cable o en enterramiento directo a una temperatura ambiente de 30°C			

Fuente: Código Nacional de Electricidad

2.2.10.13.- Dimensionamiento de las protecciones

Las protecciones son las encargadas de actuar en caso de perturbaciones no deseadas producidas en el sistema, aislando los elementos por órdenes generadas por las mismas protecciones. Las perturbaciones más comunes se producen por:

- Climatología y factores atmosféricos
- Influencia animal y vegetación
- Envejecimiento
- Fallos electromecánicos
- Factores humanos

Los tipos de perturbaciones más comunes son:

Cortocircuitos: Conexión accidental entre conductores de distinta fase o entre éstos y tierra. Puede ser directa, aunque normalmente será a través de un arco eléctrico. Provocan un incremento muy elevado y extraordinariamente rápido de la corriente eléctrica, lo que lleva a:

- Dificultad de corte por los interruptores
- Elevados esfuerzos electromecánicos
- Calentamiento excesivo de los materiales

Sobrecarga: Los sistemas se diseñan con unos valores máximos de carga o intensidad, intensidad nominal, para garantizar su correcto funcionamiento. Cuando se superan los valores nominales de intensidad aparecen sobrecargas. Los circuitos eléctricos puede tolerar sobrecargas dentro de unos límites de magnitud y tiempo, ya que se

diseñan con un margen de seguridad. Las sobrecargas dan lugar a un calentamiento anormal de los materiales según la ley de joule, existen dos tipos de sobrecarga:

- Sobrecargas prolongadas: Destrucción de los materiales y equipos
- Sobrecargas sucesivas: Envejecimiento prematuro

Retorno de energía: Por diferentes motivos se pueden ocasionar inversiones en el sentido de la potencia u oscilaciones no deseables para el sistema ya que pueden alterar su estabilidad.

Sobretensiones: Aumentos accidentales de la tensión sobre la considerada como normal de funcionamiento y fuera de sus límites de seguridad. Las sobretensiones provocan:

- Deterioro de aislamientos al superar su rigidez eléctrica.
- Posible aparición de arcos eléctricos y cortocircuitos
- Aumento del riesgo para las personas y aparatos conectados a la red de distribución

Subtensiones: Descenso de los niveles de tensión por debajo de su valor nominal. Las caídas de tensión provocan un aumento de las intensidades de consumo y por tanto sobrecargas.

Desequilibrios: Un sistema se considera equilibrado cuando las corrientes y tensiones de cada fase tienen igual magnitud y ángulo desfase. Las asimetrías se pueden producir por repartos desiguales de cargas o por averías o incidencias en la propia red. Estos desequilibrios reducen la vida útil.

Para que un sistema de protección sea eficaz debe satisfacer las siguientes cualidades:

- **Fiabilidad:** Los sistemas de protección deben actuar siempre y sólo cuando sean necesarios.
- **Velocidad:** Los sistemas de protección deben ser los más rápidos posibles para disminuir los efectos nocivos que puedan aparecer y aislar las zonas sanas para permitir su continuo y correcto funcionamiento.
- **Sensibilidad:** Capacidad para detectar los efectos de las perturbaciones en todas las condiciones. Los casos más extremos serán condiciones de máxima y mínima carga.
- **Selectividad:** Los sistemas de protección deben actuar de tal manera que, aun en las condiciones más desfavorables solo quede aislada la parte de red afectada por la perturbación.

De acuerdo al Código Nacional de Electricidad, la corriente de los Interruptores térmomagnéticos debe ser mayor en un 20 a 40% de la corriente nominal:

$$I_{TM} = 1,30(I_{NOMINAL}) \quad (Ec.21)$$

2.2.10.14.- Dimensionamiento de las tuberías

El diámetro de las tuberías se calcula de acuerdo con las pérdidas de carga o altura dinámica, especificadas cuando se obtiene la energía hidráulica necesaria y con la longitud real de tubería sumada a la "longitud equivalente" de los accesorios de la instalación. Para unas pérdidas admisibles y una longitud total L (incluidos los accesorios del

circuito) el diámetro de las tuberías se puede estimar mediante tablas o gráficos que expresen las pérdidas de carga en función del caudal para cada diámetro de la tubería, teniendo en cuenta el tipo de material del que está construida.

Se recomienda que el diámetro de la tubería y accesorios sea superior a un valor tal que las pérdidas hidráulicas no superen el 10% de la altura hidráulica de bombeo, preferentemente un 2%. El diámetro preliminarmente se calcula así:

$$D = \sqrt{\frac{354(Q)}{Vel}} \quad (Ec.22)$$

Donde:

Q: caudal promedio diario (m³/s)

Vel: Velocidad media del agua (1.8 m/s)

D: diámetro de la tubería (m)

2.3.- Definición conceptual de la terminología empleada

- **Albedo (Albedo):**

La proporción reflejada de la radiación solar incidente en la superficie de la tierra. El albedo de nieve fresco es (0,9), mientras el asfalto oscuro tiene un albedo de (0,1). Alto albedo aumenta la radiación solar reflejada.

- **Angulo de inclinación**

Ángulo entre la superficie del módulo y el horizonte.

⁹Campos Soto Alberto (2012), Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Sistema de Energía Solar Fotovoltaica Aislado para una Estación de Bombeo. Madrid, España.

- **Azimut (Azimuth)**

Orientación del panel en plano horizontal norte 0, este = 90°, sur = 180° y oeste = 270°

- **Batería**

Componente del sistema PV para almacenar energía eléctrica (Ver también Capacidad de batería, ciclo vida). Las baterías más utilizadas son de Plomo-ácido (Pb-acid) y Níquel-cadmio (Ni-Cd).

- **Carga**

Potencia utilizada por los artefactos, instalaciones y otros elementos conectados a un circuito.

- **Conexión en paralelo**

Método de interconexión de células o módulos donde los terminales positivos de todos los elementos están conectados entre sí y los terminales negativos también. En este caso, se suma las corrientes de los elementos.

- **Conexión en serie**

Método de interconexión de células o módulos donde el terminal positivo de un elemento está conectado al terminal negativo del próximo en la serie. En este caso, se suma los voltajes de los elementos.

- **Celda Solar**

Es el elemento semiconductor más pequeño en un módulo fotovoltaico donde se produce energía eléctrica de la radiación solar incidente.

- **Corriente Alterna**

Corriente eléctrica con cambio frecuente del sentido de flujo, típicamente 50 o 60 ciclos por segundo (60 Hz en Perú). La variación de la corriente es sinusoidal.

- **Corriente Continua**

Corriente eléctrica constante en un sentido solamente.

- **Curvas I-V**

Curva que indica el comportamiento de un módulo o panel PV y su punto de potencia máxima bajo condiciones normalizadas de ensayo. Indica la relación entre corriente y voltaje según el nivel de radiación incidente. El producto entre la corriente y el voltaje indica la potencia.

- **Estructura de montaje**

Elemento de apoyo de los paneles PV, con estructura resistente a las cargas de viento, movimiento térmico, etc. con sistema de fijación y colocación de cables. Puede ser montaje integral o montaje independiente.

- **Inversor**

Un inversor es un componente de un sistema PV que transforma un voltaje y corriente DC a corriente alterna AC, monofásico o trifásico. En sistemas pequeños, la corriente producida por un inversor es normalmente DC monofásico.

- **Irradiancia global**

La intensidad de la radiación solar total recibida por una superficie (directa, difusa y reflejada).

- **Kilowatt**

Unidad de potencia, equivale 1000 Watts.

- **Kilowatt hora**

La potencia de mil watts aplicada durante una hora (o una potencia equivalente). 1 kWh es una unidad de energía - 1 kWh= 3600 Joule.

- **Panel fotovoltaico**

Panel con una serie de celdas o superficies fotovoltaicas, normalmente con marco y placa de montaje, preparado en fábrica.

- **Protección eléctrica**

Las medidas de protección eléctrica incluyen: diodos de desvío para evitar puntos calientes, diodos de bloqueo para evitar contraflujos en los paneles, fusibles de doble aislación de los cables, protección contra rayos y sobre voltaje, colocados en cajas de conexión.

- **Radiación solar**

La intensidad de la radiación solar depende de los siguientes factores: Altura solar (latitud, fecha, y hora del día), ubicación del panel (azimut e inclinación), condición atmosférica (humedad, nubosidad y polución) y altura sobre el nivel del mar. La intensidad de la radiación solar incidente (o global) es la suma de la radiación solar directa, difusa y reflejada.

- **Radiación solar difusa**

Radiación solar esparcida por partículas en la atmósfera que proviene de la bóveda celeste.

- **Radiación solar directa**

Radiación solar que proviene directamente del sol (y la zona circunsolar muy cerca al sol).

- **Radiación solar global**

Suma de la radiación solar directa, difusa y reflejada.

- **Radiación solar reflejada**

Radiación solar reflejada por la superficie de la tierra y superficie de edificios, etc. La radiación reflejada depende del albedo.

- **Sistemas aislados**

Sistemas PV sin conexión a la red eléctrica convencional, normalmente en áreas rurales aisladas.

- **Sistemas conectados a la red**

Sistemas de PV conectados a la red eléctrica. Estos sistemas pueden 'exportar' la producción excedente en períodos de buena radiación solar e 'importar' electricidad a la noche o en períodos nublados cuando la demanda excede la producción de los PV.

- **Sistemas híbridos**

Sistemas PV con sistemas complementarios o auxiliares de generación eléctrica tales como aerogeneradores o generadores diésel.

- **Volt (V)**

Unidad de 'fuerza' en un circuito eléctrico. Un volt produce un ampere de corriente en un circuito con una resistencia de un ohm.

- **Watt (W)**

Unidad de potencia eléctrica o cantidad de trabajo en unidad de tiempo (Joule/segundo). Una corriente de un ampere con una potencia de un volt produce un Watt de potencia.

- **Watt pico (Wp)**

La cantidad de potencia producida por una célula o módulo bajo las condiciones nominales de irradiación (STC).

2.4.- Normas Técnicas

- Norma Técnica Peruana, NTP 399.403.2006 / R.0013-2006/INDECOPI-CRT (2006.03.06). Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones Técnicas y método para la calificación energética de un sistema fotovoltaico.
- Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural R.D. N° 003-2007-EM/DGE (2007.02.12).
- Reglamento Nacional de Edificaciones - NORMA TÉCNICA E.M.080 INSTALACIONES CON ENERGÍA SOLAR. Capítulo III: Instalaciones con sistemas fotovoltaicos.
- Resolución ministerial R.M. N° 037-2006-MEN/DM (Código nacional de electricidad – utilización: sección 350), nos hace referencia a los sistemas solares fotovoltaicos.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.403 2007: Sistemas fotovoltaicos hasta 2000Wp. Reglamento técnico
- R.M. N° 139 – 2006 – EM / DGE (p. 17/Enero/2006) Código Nacional de Electricidad de Sistema de utilización TOMO V
- Ley N°28611 – Ley General del medio ambiente en el Perú

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1.- Tipo y Diseño de investigación

Los tipos de investigación utilizados en el presente trabajo son

a) Investigación descriptiva

Este tipo de investigación nos permite exponer las características del sistema seleccionado y sus componentes como de las variables que intervienen en la realidad (radiación solar y energía fotovoltaica).

b) Investigación explicativa

Esta investigación nos permite hacer un análisis e interpretación del comportamiento del sistema para la más óptima solución del problema desarrollado.

c) Investigación teórica

Nos permite hacer uso del conocimiento y base teórica del campo de la ingeniería para dar una solución en el diseño del sistema empleado.

3.2.- Población y Muestra

Para nuestro caso de estudio de implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico utilizando las fuentes renovables de energía del (Localidad de la Carrecilla, distrito de Pucalá) se identificó la muestra igual a la población por lo que no se aplica ninguna técnica de seleccionamiento muestral.

3.3.- Hipótesis

Con el aprovechamiento de la radiación solar como fuente de energía renovable se podrá implementar un sistema de bombeo fotovoltaico que suministre agua para el consumo humano, animal y riego en la localidad de la Carrecilla, distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

3.4.- Operacionalización de Variables

Tabla 8.- Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	Estudio de las Fuentes Renovables de Energía (energía solar) que permitan su aprovechamiento y posterior funcionamiento del sistema de bombeo de agua.	-Observación -Encuesta -Entrevista	-Guía de observación -Textos -Informes	-Accesibilidad -Disponibilidad -Radiación solar -HPS
VARIABLE DEPENDIENTE	Viabilidad Técnica Económica para seleccionamiento del sistema de bombeo de agua que permita la ejecución del proyecto en un determinado tiempo.	-Observación -Investigación -Encuesta -Entrevista	-Guía de observación -Cuestionarios -Textos -Flujo de cajas -Informes	-VAN -TIR -Eficiencia -Factibilidad -Tecnología
VARIABLE DE LOCALIZACIÓN	Localidad de La Carrecilla distrito de Pucalá.	-Observación	-Guía de observación -Planos	-Acceso -Tamaño -Ubicación

Fuente: Elaboración propia

3.5.- Métodos y Técnicas de investigación

En el presente trabajo se utilizaron las siguientes técnicas

- **Observación**

Se realizó una observación directa en el predio de la Localidad de La Carrecilla donde se desarrollará el proyecto, el cual no cuenta con un adecuado sistema de bombeo de agua para riego, consumo humano y animal lo cual llevó a la realización del proyecto dado a que se tiene acceso a fuentes renovables de energía.

En cuanto al acceso para llegar a la ubicación del predio se observó el grado de complejidad para realizar el proyecto conectado a la red tradicional por cual se propone el uso de fuentes renovables.

- **Encuesta**

Es una técnica que se aplicó a los habitantes del predio para obtener información de la realidad del lugar, ésta encuesta realizada también en la muestra comprendida, para la ejecución de esta técnica se utilizará un cuestionario de preguntas que nos proporcionará la comprometida a base de un breve cuestionario que deberá ser llenado libremente con respuestas claras y precisas.

En la encuesta de forma personal realizada a las personas del predio se obtuvo que en el lugar habitan cinco personas (dueños del predio) y cinco personas que son las encargadas del sembrío de los vegetales y alimentación de los animales.

El predio comprende el tamaño de una hectárea de terreno en el cual se siembran productos de primera necesidad como yucas, camote,

panca, alfalfa, limón; frutas como papaya, plátano, mandarina, naranja; todo lo cual sirve para la venta y sustentación del predio.

- **Entrevista**

Con esta técnica se recopiló información para establecer las dificultades que origina la accesibilidad al agua entrevistando a los dueños del predio y trabajadores.

Se realizó una entrevista libre de manera personal a los habitantes del predio, en la cual se detalló los problemas que tienen para el abastecimiento de agua tanto personal ya que tiene que cargar en baldes dicho elemento para el consumo y aseo personal, como animal que en tal caso tienen que llevarlos a una distancia importante lejos del predio para que puedan beber.

3.6.- Descripción de los instrumentos utilizados

- **Lista de chequeo**

Se utilizó para elaborar el marco conceptual y metodológico del presente trabajo de investigación basándose en fuentes de información científica, normas y leyes emitidas de acuerdo al tema por el ministerio de energía y minas del Perú y de otros órganos internacionales.

- **Resumen**

Este instrumento se utilizó para extraer los puntos e ideas principales tanto de los distintos trabajos de investigación, revistas, libros, documentos, normas, leyes del ámbito nacional como de otros países y que se utilizaron como base para el desarrollo de la investigación.

- **Mapas**

Nos permitirá el acceso con mayor facilidad a la zona donde se desarrollará el trabajo de investigación.

- **Planos**

Nos permite tener un mejor enfoque de la ubicación del sistema y sus componentes en la Localidad donde se desarrollará el trabajo de investigación.

- **Fotografías**

Tiene la finalidad de evidenciar el desarrollo del trabajo y la presencia del desarrollador en el lugar.

3.7.- Análisis Estadístico e interpretación de los datos

3.7.1.- Medidas de tendencia central

- **Media (Promedio)**

La media de un conjunto de números, algunas ocasiones simplemente llamada el promedio, es la suma de los datos dividida entre el número total de datos:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

3.7.2.- Medidas de dispersión

- **Rango**

Mide la amplitud de los valores de los datos y se calcula por la diferencia entre el valor más elevado y el valor más bajo.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1.- Propuesta de investigación

Con la finalidad de suministrar agua para el uso de las principales necesidades en el predio de la localidad de La Carrecilla en el distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, se propone la selección de un sistema de bombeo utilizando la radiación solar como energía renovable ya que en la localidad mencionada es el recurso energético con mayor incidencia.

4.2.- Consideraciones a tomar durante la instalación

La mayoría de los fallos en las instalaciones de bombeo provienen del inversor, controlador o de la bomba. La realización de una instalación, operación y mantenimiento adecuados reducirán estos problemas.

Algunas consideraciones importantes a tener en cuenta a la hora de realizar una instalación de bombeo fotovoltaico son:

- Respetar la normativa y reglamentos electrotécnicos aplicables a instalaciones eléctricas.
- Realizar un plan detallado de la instalación, asegurándose la disponibilidad de todos los materiales y herramientas. Como mínimo se han de seguir los siguientes pasos:
 - ✓ Verificación del pozo de agua (capacidad de producción)
 - ✓ Obra civil: cimientos, tuberías y depósito de almacenamiento
 - ✓ Montaje de los componentes mecánicos y eléctricos del sistema
 - ✓ Verificación de la operación del sistema

Entregar un manual de operación y mantenimiento al usuario del sistema, así como instruirle.

- Los niveles de agua pueden variar estacionalmente, y en algunos casos en un periodo de horas. El nivel de agua en zonas rocosas varía mucho durante el bombeo. La bomba debe estar sumergida en el agua. Si las variaciones del nivel del agua hacen que la bomba pueda trabajar en vacío es necesario tomar precauciones como la instalación de sondas de nivel en el pozo. También es necesario instalar una sonda de nivel en el depósito para evitar el desperdicio del agua.
- Proteger la entrada de la bomba de la posible entrada de suciedad o arena mediante filtros adecuados en cada caso. Tener en cuenta las posibles pérdidas de carga de estos filtros.
- Es necesario poner correctamente a tierra todo el equipo. Las bombas de agua atraen los rayos por la excelente tierra que proporcionan. Poner a tierra el marco del generador FV, todas las cajas de equipos. Las tuberías nunca deben ser utilizadas como tierra, ya que ésta puede ser interrumpida en operaciones de mantenimiento. Utilizar varistores para proteger los equipos contra sobrecargas inducidas por fenómenos atmosféricos.
- Evitar tuberías muy largas. Las pérdidas de carga pueden aumentar considerablemente la altura total de bombeo y por tanto el tamaño del generador FV.
- Utilizar tuberías de acero inoxidable o de PVC adecuadas para resistir una operación de al menos la vida útil del generador (>20 años) de diámetros

adecuados para minimizar las pérdidas de carga. Evitar la formación de pares galvánicos que puedan corroer partes del sistema.

- Proteger los equipos electrónicos en cajas intemperie. El cableado de la instalación debe cumplir con la normativa eléctrica vigente, minimizando las caídas de tensión. Los cables utilizados para bombas sumergibles deben ser apropiados para tal fin.
- Proteger el pozo de la entrada de suciedad, sobre todo en instalaciones de bombeo de agua para uso potable.
- El generador puede ser una estructura fija o con seguimiento solar. Las estructuras fijas son más baratas y resistentes. Sin embargo, los seguidores solares pueden incrementar en un 30%-40% el volumen bombeado durante el verano. La utilización de seguidores puede disminuir el tamaño del generador para bombear el mismo volumen de agua, pero añaden complejidad al sistema y necesitan mayor mantenimiento.
- La mayor parte de los fabricantes de sistemas de bombeo de agua para energía solar FV incluyen algún tipo de dispositivo de acoplo de impedancia para que el sistema opere cerca del punto de máxima potencia, acoplando las características eléctricas del motor y del generador. Además, algunos tipos de bombas con elevado par de arranque, las bombas de desplazamiento positivo, necesitan un dispositivo para suministrar estos picos de corriente de arranque.
- En instalaciones de suministro de agua potable, prever la construcción de un sistema de saneamiento que evite la formación de agua estancada en el entorno del punto de distribución.

- Se debe utilizar un correcto cableado para conectar los elementos del sistema para minimizar las caídas de tensión, especialmente en los de baja tensión donde unas pequeñas caídas pueden ocasionar pérdidas significativas. Los cables utilizados deben ser adecuados, resistentes al sol, sumergibles, etc. El cable para la sujeción de la bomba debe ser aislado para evitar fenómenos de corrosión.
- Mantener las medidas de seguridad adecuadas, como: puesta a tierra de los conductores, la estructura del generador y los equipos, montar los interruptores necesarios (entre el generador y el inversor), Colocar fusibles o interruptores en los conductores no puestos a tierra y utilizar cables con secciones adecuadas. Verificar las conexiones eléctricas que se realizarán en cajas adecuadas que permitan su inspección y revisión.
- En la instalación de bombas superficiales se ha de tener en cuenta la altura máxima de succión (<8m). Se dispondrá de una válvula de pie que mantenga siempre llena la tubería de aspiración en bombas no autocebantes. Es recomendable la instalación de una válvula antirretorno también en la tubería de impulsión a la salida de la bomba para evitar golpes de ariete que dañen la bomba.
- La instalación de bombas sumergibles es en general más difícil, requiriendo de grúas en bombas muy pesadas. Instalar la camisa de la bomba para mejorar la refrigeración del motor. La sujeción de la bomba ha de soportar el peso de la misma y de la tubería llena de agua. Se ha de disponer de un cable o cuerda de sujeción y otro adicional de seguridad. El peso ha de ser soportado por la sujeción y no por la tubería o los cables eléctricos. La bomba irá provista de una válvula antiretorno.

4.3.- Mantenimiento del sistema fotovoltaico

Mantenimiento fotovoltaico preventivo en instalaciones solares:

Este tipo de mantenimiento, al menos gran parte del mismo, se puede llevar a cabo por personal no especializado. Es decir, incluso el propietario de la instalación lo puede hacer. Son una serie de actividades fundamentales que podemos resumir en las siguientes directrices:

4.3.1.- Mantenimiento del sistema de generación (paneles solares)

Consiste en retirar, una vez al mes, cualquier tipo de objeto, suciedad, etc., que pueda afectar a la correcta producción de los paneles solares, es decir, excrementos de aves o nieve serían un ejemplo. El polvo acumulado o los restos de polución también deben ser eliminados en la medida de lo posible, ya que disminuirá la corriente eléctrica generada.

4.3.2.- Instalación fotovoltaica de autoconsumo

En cualquiera de las operaciones descritas, no se emplearán métodos que puedan rayar o estropear las placas solares, por lo que se desaconseja el uso de estropajos o productos abrasivos y es recomendable el uso de agua y un trapo, sin más complicaciones.

4.3.3.- Mantenimiento del sistema de acumulación (baterías solares)

Es aconsejable, al menos una vez al mes, limpiar la parte superior de las baterías y bornes con una mezcla de bicarbonato sódico y agua (unos 100 gr de bicarbonato por cada litro de agua). Una vez limpio, lavamos bien con agua y secamos con un trapo seco.

Durante el proceso de la limpieza, es importante que las baterías solares estén bien cerradas para evitar que entre bicarbonato dentro de ellas.

Los terminales de conexión es recomendable limpiarlos dos o tres veces al año siguiendo el mismo procedimiento, y también, si es posible, aplicando vaselina para cubrir las conexiones.

También se debe vigilar nivel de electrolito una vez al mes. En caso de ser necesario, rellenar de electrolito hasta el nivel recomendado mediante agua destilada o de bajo contenido mineral. También, si disponemos de un densímetro, es recomendable comprobar una vez al mes el estado de carga de la batería y su capacidad mediante la medición de la densidad de electrolito.

Si cuando las baterías están a plena carga existen diferencias en la densidad específica de algunos elementos superiores a 0,015 gr/cm³, será necesario efectuar una igualación de carga, o de ecualización.

El proceso de ecualización consiste, básicamente, en una sobrecarga de la batería, es decir, en aumentar el voltaje de cada elemento a 2,5 V, o 30 V en caso de baterías de 24 V, para “limpiar” la disolución interna de la batería y recuperar así la capacidad de la misma. El proceso de ecualización se realiza únicamente con baterías plomo-ácido abiertas, nunca en otro tipo.

4.3.4.- Mantenimiento fotovoltaico - Etapas de carga de una batería solar

Sin embargo, cuando las baterías están a plena carga la densidad de algún elemento es inferior a $0,030 \text{ gr/cm}^3$ por debajo de la máxima, entonces es recomendable reemplazar dicha batería, pues podría estar defectuosa o demasiado envejecida.

Se deberá verificar que el estado de carga de la batería se corresponde con las indicaciones del regulador de carga. En el caso de que este no disponga de carga de ecualización automática, se realizará de forma manual.

Como siempre, debemos seguir las indicaciones de cada fabricante antes de realizar cualquier proceso de mantenimiento.

4.3.5.- Inspección visual de posibles degradaciones en los paneles fotovoltaicos

Se controlará que ninguna célula se encuentre en mal estado (cristal de protección roto, normalmente debido a acciones externas). Se comprobará que el marco del módulo se encuentra en correctas condiciones (ausencia de deformaciones o roturas). Es recomendable realizar la inspección cada 2 meses.

4.3.6.- Comprobación de la estructura soporte de los paneles

La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos suele estar fabricada íntegramente con perfiles de aluminio y tornillería de acero inoxidable, por lo que no requieren mantenimiento anticorrosivo. El mantenimiento de las mismas se aconseja realizarla cada seis-doce meses y consistirá en:

- Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, etc.)
- Comprobación del estado de fijación de la estructura a cubierta. Se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se sustituirá por otro nuevo.
- Comprobación de la estanqueidad de la cubierta. Consiste básicamente en cerciorarse de que todas las juntas se encuentran correctamente selladas, reparándolas en caso necesario.
- Comprobación del estado de fijación de módulos a la estructura. Operación análoga a la fijación de la estructura soporte a la cubierta.
- Comprobar la toma a tierra y la resistencia de paso al potencial de tierra.

4.3.7.- Revisión del buen funcionamiento de los inversores

Los inversores solares son uno de los equipos más delicados de la planta fotovoltaica, por lo que requieren un mantenimiento fotovoltaico más exhaustivo. Las pautas de mantenimiento que a continuación se enumeran son válidas para el emplazamiento en el interior de un inmueble sometido a rangos de temperatura normales (0-40°C a la sombra).

Los trabajos de mantenimiento para los inversores solares son los siguientes:

- A realizar al menos una vez al mes:
 - ✓ Lectura de los datos archivados y de la memoria de fallos.
- A realizar al menos una vez cada seis meses:
 - ✓ Limpieza o recambio de las esteras de los filtros de entrada de aire.
 - ✓ Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.
- A realizar al menos una vez al año:
 - ✓ Limpieza del disipador de calor del componente de potencia.
 - ✓ Comprobar cubiertas y funcionamiento de bloqueos.
 - ✓ Inspección de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua en el interior del armario de distribución y del resistor EVR.
 - ✓ Si es necesario, limpiar el inversor y tomar las medidas pertinentes.
 - ✓ Revisar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico y, dado el caso, apretarlas.
 - ✓ Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan descoloración o alteraciones de otro tipo. En caso necesario cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.
 - ✓ Comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 °C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión.
 - ✓ Inspeccionar y, dado el caso, reponer las etiquetas de indicación de advertencia.

- ✓ Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y atender a ruidos.
Los ventiladores pueden ser encendidos si se ajustan los termostatos o durante el funcionamiento.
- ✓ Intervalos de sustitución preventiva de componentes (ventiladores, calefacción).
- ✓ Verificar el envejecimiento de los descargadores de sobretensión y, dado el caso, cambiarlos.
- ✓ Revisión de funcionamiento de la monitorización de aislamiento / GFDI Comprobar el funcionamiento y la señalización.
- ✓ Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes y, dado el caso, engrase de los contactos.
- Revisión de funcionamiento de los dispositivos de protección:
 - ✓ Interruptores de protección de la corriente de defecto.
 - ✓ Interruptores automáticos.
 - ✓ Interruptores de potencia.
 - ✓ Interruptores de protección de motores por accionamiento manual o mediante la tecla de control (si existe).
- Revisión de tensiones de mando y auxiliares de 220 V y 24 V.
- Comprobación de funcionamiento de la parada de emergencia.
- Control de la función de sobre temperatura y revisar el funcionamiento del circuito de seguridad de esta función.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de poder abastecer de agua el predio localizado en la localidad de “Las Carrecilla” en el distrito de Pucalá, mediante la instalación de un sistema de bombeo utilizando como fuentes las energías renovables de la zona, en este caso el recurso renovable predominante en gran parte del año según el estudio realizado en los capítulos anteriores fue la radiación solar.

Cabe resaltar que el predio actualmente consume agua extraída de un pozo, por medio de una bomba superficial de 0.5 HP, la cual llega para el consumo a través de una llave instalada rústicamente por los mismos dueños, lo cual no abastece las necesidades diarias para consumo humano, animal y riego, debido a que el pozo solo cuenta con 5 horas diarias de abastecimiento.

Por tales motivos y necesidades se han realizado los siguientes cálculos técnicos – económicos para el dimensionamiento y seleccionamiento de los equipos necesarios y su posterior análisis económico, lo cual determinará si el proyecto es rentable o no rentable.

5.1.- Cálculo de las necesidades del agua

El primer paso para el dimensionamiento de un sistema de bombeo solar es calcular el caudal necesario para satisfacer las necesidades hídricas de la zona. Según la entrevista realizada al dueño y trabajadores del predio se estimó que se tiene un caudal aproximado de 7 m³ diarios, cuya repartición hídrica para las diferentes actividades se muestra en ANEXO 2

$$Q_{\text{Diario}} = \frac{7 \text{ m}^3}{\text{día}}$$

Dicho caudal se necesita extraer del pozo durante 5 horas al día para su posterior almacenamiento y abastecimiento en los días nublados y en épocas de invierno donde muy difícilmente el sol aparece a diario¹⁰.

Por lo cual el caudal promedio por hora será el siguiente

$$Q_{\text{hora-promedio}} = \frac{7 \text{ m}^3}{5 \text{ h}}$$

$$Q_{\text{hora-promedio}} = 1.4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Entonces será necesario un caudal de 1.4 m³/h para abastecer las necesidades diarias del predio.

5.2.- Cálculo de la altura equivalente de bombeo

Como se ha descrito en el capítulo II la altura equivalente o altura hidráulica de bombeo es la presión efectiva que debe vencer la bomba para su correcto funcionamiento, la altura equivalente o altura hidráulica de bombeo se puede calcular con la siguiente fórmula

$$H_{EB} = H_d + H_e + A_p$$

Donde:

A_p: Abatimiento del pozo (m)

H_e: Altura estática (m)

H_d: Altura dinámica (m)

H_{EB}: Altura equivalente de bombeo (m)

¹⁰Elaboración propia. Entrevista realizada a los dueños y trabajadores del predio. Pucallá, Lambayeque, Perú.

El abatimiento es el descenso del nivel del agua en el espacio interior del pozo desde un nivel estacionario, en el que el nivel extraído es nulo, hasta un determinado nivel. Considerando que el abatimiento se da por lo general en pozos subterráneos y como en nuestro existe dicho valor se tomará como abatimiento 5 m.

La altura estática, es la distancia geométrica desde el nivel del agua en el pozo hasta el punto más elevado donde desea bombearse el agua. En nuestro caso, el pozo está ubicado a 3.50 metros por debajo, a esto hay que sumarle la altura del tanque que es 3.10 metros, por lo tanto, la altura estática será de 6,6 metros¹¹.

La altura dinámica es la caída de presión cuando un líquido circula por el interior de una tubería, a esto se le denomina fricción. Estas pérdidas de carga dependen de la longitud de la tubería, de su diámetro y del coeficiente de fricción. La altura dinámica puede ser calculada a través de la fórmula de Hazen-Williams:

$$H_d = 10.67 (L) \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} (d)^{-4.869}$$

¹¹Elaboración propia. Datos tomados en el predio para la elaboración del presente proyecto.

Tabla 9.- Valores para determinar la altura equivalente de bombeo

Componentes abreviados de la fórmula		Valores
L	Longitud de la tubería	12 m
Q	Caudal requerido	0.0003889 m³/s
C	Coeficiente de Hazen-Williams	150
d	Diámetro preliminar de la tubería	0.0254 m

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando valores tenemos la siguiente altura dinámica

$$H_d = 10.67 (8) \left(\frac{0.0003889}{150} \right)^{1.852} (0.0254)^{-4.869}$$

$$H_d = 0.334 \text{ m}$$

Por lo tanto la altura equivalente de bombeo (H_{EB}) será la siguiente

$$H_{EB} = H_d + H_e + A_p$$

$$H_{EB} = 6.6 + 0.334 + 5$$

$$H_{EB} = 11.924 \text{ m}$$

5.3.- Cálculo del consumo energético estimado

El cálculo del consumo energético estimado nos muestra la demanda que tendrá nuestra instalación fotovoltaica. Dentro de este consumo de energía se debe tener en cuenta que los aparatos electrónicos como el regulador de carga en caso de uso de baterías, consumen el 1% aproximadamente del total de la energía requerida por el sistema.

El cálculo de la energía necesaria para elevar el agua se halla por la fórmula dada, todo esto entre el factor de conversión de 367 l-m/ Wh el cual se usa

para calcular la energía en (wats – hora) energía necesaria para levantar un litro de agua a una distancia de un metro.

$$E_{\text{requerida}} = \frac{N(Q)(H_{EB})}{367(\eta_{\text{Bomba}})}$$

Donde

H_{EB}: Altura equivalente de bombeo (m)

N: Número de horas de funcionamiento del sistema de bombeo (h)

η_{Bomba}: Eficiencia de la bomba en el punto de trabajo.

Q: Caudal requerido (m³/h)

Tabla 10.- Valores para realizar el cálculo del consumo energético

Componentes abreviados de la fórmula	Valores
H _{EB}	11.924 m
N	5 h
η _{Bomba}	50%
Q	1.4 m ³ /h

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando en la fórmula tenemos

$$E_{\text{requerida}} = \frac{5(1.4)(11.924)}{367(0.5)}$$

$$E_{\text{requerida}} = 0.454866 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$E_{\text{requerida}} = 454.866 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

Tendremos un consumo energético requerido de 454.866 Wh/día.

5.4.- Dimensionamiento del panel fotovoltaico.

Para el cálculo de este punto tendremos como referencia los datos tomados de la Estación: SIPAN, Tipo Convencional – Meteorológica actualmente en funcionamiento localizada en el museo de sitio de la Localidad de Sipán ubicada a 2 Km aproximados de la zona donde se realizará el proyecto.

Las coordenadas de ubicación del distrito de Pucalá son las siguientes

LATITUD: -6.78069, LONGITUD: -79.61429

Para este caso tomaremos el mes con valor más desfavorable de irradiación: 4.77 kWh/m², que vendría a ser el mes de Abril¹².

Para el dimensionamiento del panel fotovoltaico hallaremos la potencia pico de instalación con la siguiente fórmula

$$P_p = \frac{E_r}{\eta_{mb}} \cdot \frac{G_o}{F_m [1 - \delta(T_c - 25)] \cdot G_{md}}$$

Donde:

E_r : Energía requerida al día (kWh/día)

G_{md} : Radiación incidente en el plano del panel (kWh/m²/día)

G_o : 1000 (W/m²) irradiancia de referencia

η_{mb} : Rendimiento medio diario mensual del sistema motor-bomba

P_p : Potencia del panel (W)

T_c : Temperatura media diaria de los módulos durante las horas de sol (°C)

¹²Anexo 1. Registro de valores sobre la radiación solar en la zona.

Tabla 11.- Valores necesarios para el dimensionamiento del panel solar

Componentes abreviados de la fórmula	Valores
G_{md}	4.77 kWh/m ²
G_o	1000 W/m ²
Δ	0.0045
T_c	45°C
F_m	0.85

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando en la fórmula tenemos el siguiente resultado

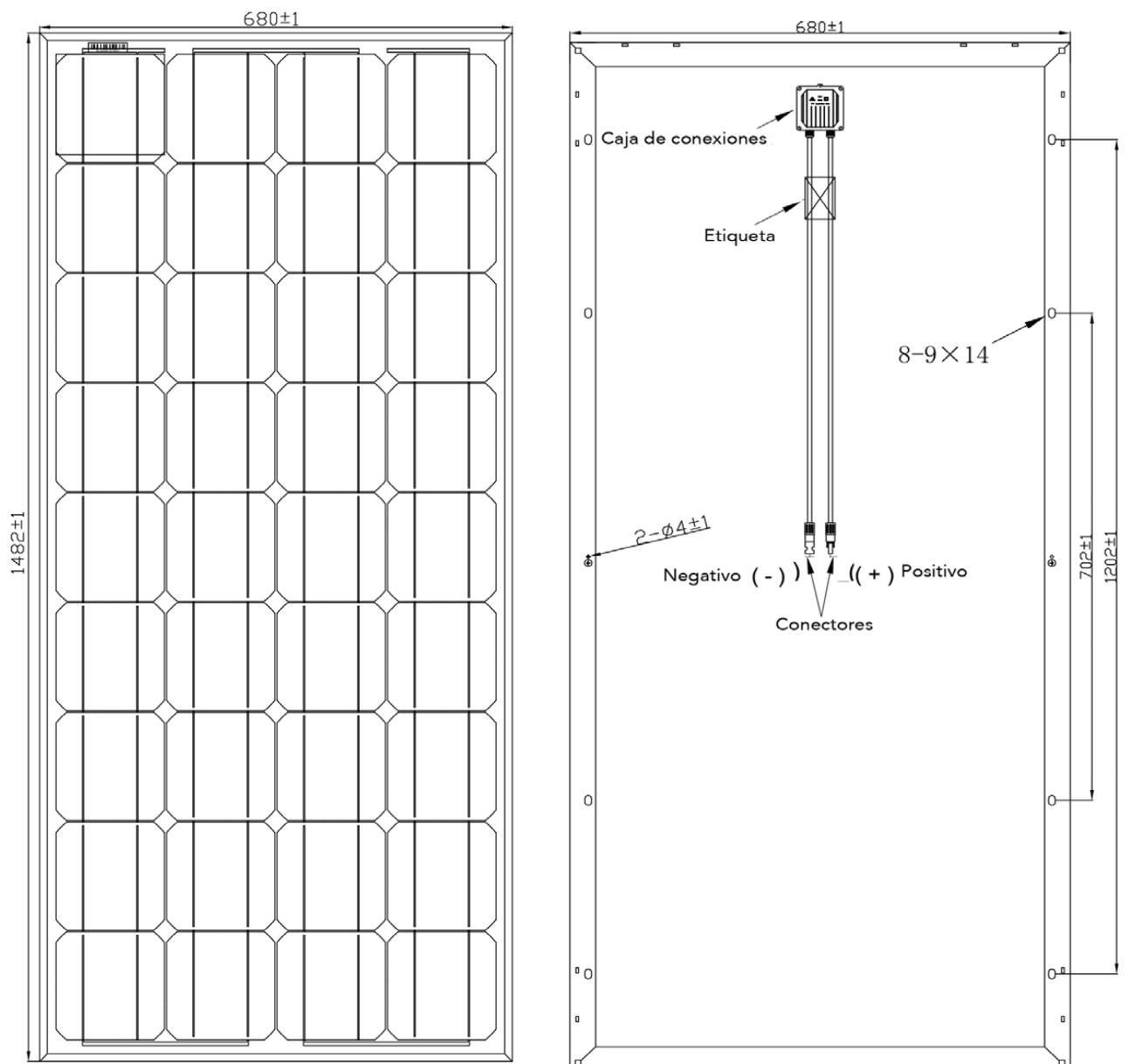
$$P_p = \frac{E_r}{\eta_{mb}} \cdot \frac{G_o}{F_m[1 - \delta(T_c - 25)] \cdot G_{md}}$$

$$P_p = \frac{0.454866}{0.5} \cdot \frac{1000}{0.85[1 - 0.0045(45 - 25)] \cdot 4.77}$$

$$P_p = 246.566 \text{ W}$$

Por lo tanto, se seleccionará un panel fotovoltaico cuya potencia pico es 246.566 W, pero debido a que no existe un panel de dicha potencia exacta, se elegirá uno inmediatamente superior al valor calculado es decir un panel de 250 W, cuyas características técnicas se encuentran detalladas en el ANEXO 3.

Figura 27.- Vista superior e inferior del panel solar seleccionado



Fuente: Catálogo Auto Solar – Energía del Perú

5.5.- Dimensionamiento de la bomba

Para el dimensionamiento de la bomba debemos tener en cuenta el ciclo hidráulico ($m^4/día$) que es el producto del caudal diario ($m^3/día$) con la altura equivalente de bombeo (m).

A su vez debe tomarse en cuenta las configuraciones de bombeo para sistema de pequeña potencia (50 – 400 Wp) y sistema de media potencia (400 – 1500 Wp), con los siguientes rangos de valores

- Ciclo Hidráulico < 150 m⁴/día, configuración motobomba DC
- 150 m⁴/día < Ciclo Hidráulico < 1500 m⁴/día, configuración motobomba AC

Reemplazando valores tenemos el siguiente ciclo hidráulico

$$CH = Q_{\text{Diario}} \times H_{\text{EB}}$$

$$CH = 7 \times 11.924$$

$$CH = 83.468 \text{ m}^4/\text{día}$$

Ahora se halla la potencia de la bomba

$$P_{\text{bomba}} = \frac{\delta \cdot Q_{\text{diario}} \cdot H_{\text{EB}}}{\eta_b}$$

Donde

H_{EB}: Altura equivalente de bombeo (m)

Q_{diario}: Caudal promedio (m³/s)

δ: Peso específico del agua (kg/m³)

η_b: Rendimiento real de la bomba.

Tabla 12.- Valores a utilizar para el dimensionamiento de la bomba

Componentes abreviados en la fórmula	Valores
H_{EB}	11.924 m
Q_{diario}	$3.88889 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
δ	1000 kg/m^3
η_b	50%

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando

$$P_{bomba} = \frac{\delta \cdot Q_{diario} \cdot H_{EB}}{\eta_b}$$

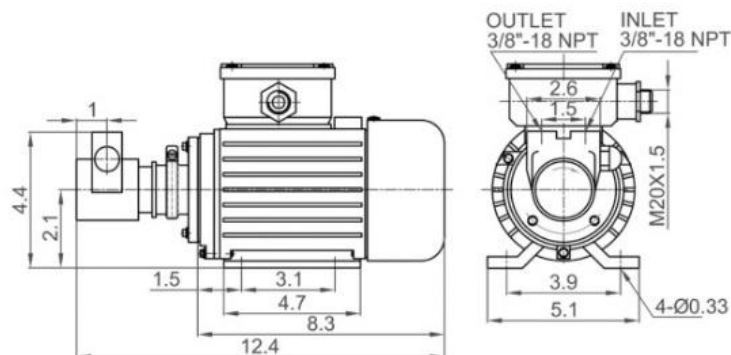
$$P_{bomba} = \frac{1000 \times 3.88889 \times 10^{-4} \times 11.924}{0.5}$$

$$P_{bomba} = 9.274 \frac{\text{Kg. m}}{\text{s}}$$

$$P_{bomba} = 90.947 \text{ W}$$

Se elegirá una bomba cuya potencia es de 120 W ya que en catálogo es la inmediata superior al valor obtenido, las características técnicas de la bomba se encuentran detalladas |en el ANEXO 4.

Figura 28.- Vista lateral y frontal de la bomba seleccionada



Fuente: Catálogo de tecnología y materiales sustentables

5.6.- Dimensionamiento del regulador de carga

Para realizar el dimensionamiento del regulador de carga debe tomarse en cuenta la máxima intensidad corriente que debe soportar el propio regulador tanto en su entrada como salida.

La corriente de entrada del regulador proviene directamente del panel solar, la cual se determina por la siguiente fórmula

$$I_{Re} = 1.25(I_{sc})$$

$$I_{Re} = 1.25 \times 9.03$$

$$I_{Re} = 11.012 \text{ A}$$

La máxima intensidad de corriente de salida del regulador que alimenta a la motobomba se halla de la siguiente manera

$$I_{Rs} = 1.25 \times \frac{P_{bomba}}{V_{nominal}}$$

$$I_{Rs} = 1.25 \times \frac{90.947}{12}$$

$$I_{Rs} = 9.474 \text{ A}$$

Donde

I_{Re} : Corriente de entrada del regulador (A)

I_{cc} : Corriente de cortocircuito del panel solar (A)

I_{Rs} : Corriente de salida del regulador (A)

P_{carga} : Potencia de la bomba (W)

$V_{nominal}$: Voltaje nominal de la bomba

Tabla 13.- Valores a utilizar para el dimensionamiento del regulador de carga

Componentes abreviados en la fórmula	Valores
I_{cc}	11.012 A
P_{bomba}	90.947 W
$V_{nominal}$	12 V

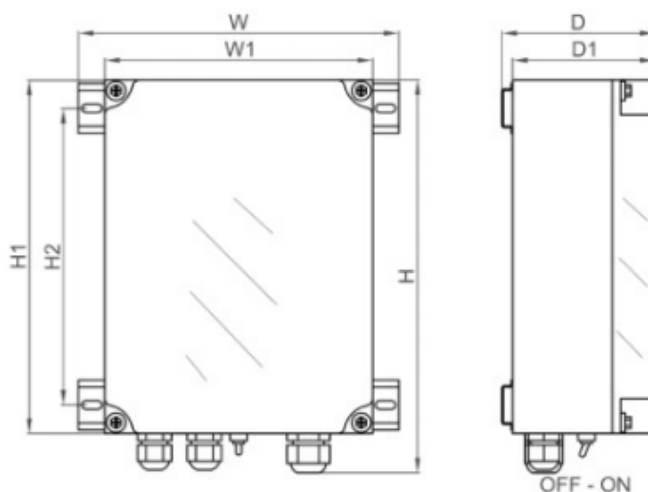
Fuente: Elaboración propia

Se seleccionará un controlador de carga de 12 A de corriente de entrada y 12 A de corriente de salida, las características técnicas se encuentran detalladas en el ANEXO 4.

Figura 29.- Vista frontal y lateral del controlador de carga seleccionado

Controller

$H = 11$ in
 $H1 = 9.8$ in
 $H2 = 8.2$ in
 $W = 8.9$ in
 $W1 = 7.4$ in
 $D = 4.3$ in
 $D1 = 3.9$ in



Fuente: Catálogo de tecnología y materiales sustentables

5.7.- Dimensionamiento de la batería

Para el dimensionamiento de la batería debemos considerar las situaciones cuando se tenga una descarga diaria y una descarga estacional.

- Para una descarga diaria se hallará de acuerdo a las siguientes fórmulas

$$\text{CAPACIDAD}_{(Wh)} = \frac{E_{Req}}{P_{descarga-día} (F_{ct})}$$

$$\text{CAPACIDAD}_{(Wh)} = \frac{454.866}{0.15 \times 1}$$

$$\text{CAPACIDAD}_{(Wh)} = 3032.44 \text{ (Wh)}$$

$$\text{Capacidad}_{(Ah)} = \frac{\text{CAPACIDAD}_{(Wh)}}{V_{batería}}$$

$$\text{Capacidad}_{(Ah)} = \frac{3032.44}{12}$$

$$\text{Capacidad}_{(Ah)} = 252.703 \text{ Ah}$$

Donde

E_{Req}: Energía requerida

P_{descarga-día}: Profundidad de descarga máxima diaria

F_{ct}: Factor de corrección de tiempo

Tabla 14.- Valores para el dimensionamiento de la batería en una descarga diaria

Componentes abreviados en la fórmula	Valores
E_{Req}	454.866 Wh/día
P_{descarga-día}	0.15
F_{ct}	1

Fuente: Elaboración propia

- Para una descarga estacional se aplicará la siguiente fórmula

$$\text{CAPACIDAD}_{(Wh)} = \frac{N \cdot E_{Req}}{P_{descarga-est.} (F_{ct})}$$

$$\text{CAPACIDAD}_{(Wh)} = \frac{2 \times 454.866}{0.7 \times 1}$$

$$\text{CAPACIDAD}_{(Wh)} = 1299.617 \text{ Wh}$$

$$\text{Capacidad}_{(Ah)} = \frac{\text{CAPACIDAD}_{(Wh)}}{V_{batería}}$$

$$\text{Capacidad}_{(Ah)} = \frac{1299.617}{12}$$

$$\text{Capacidad}_{(Ah)} = 108.301 \text{ Ah}$$

Donde

N: Número de días de autonomía

P_{descarga-est.}: Profundidad de descarga máxima estacional

V_{batería}: Voltaje de la batería

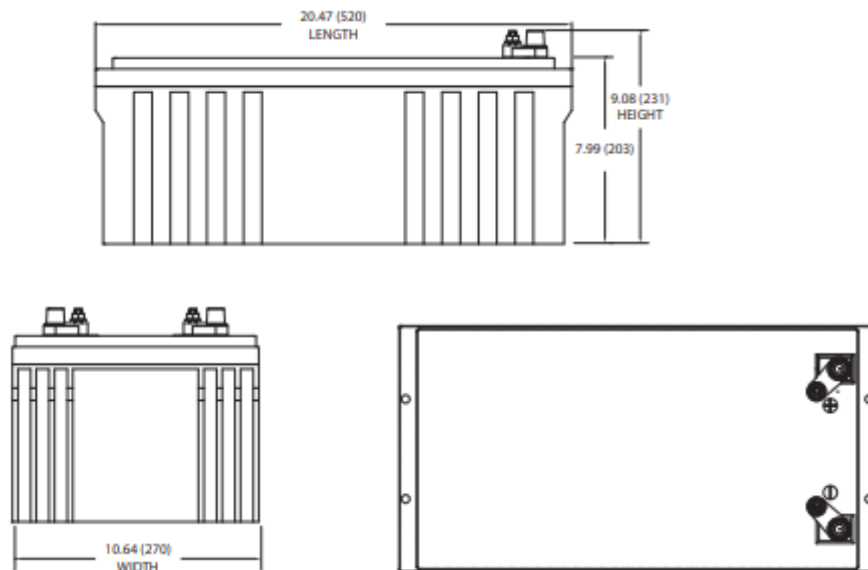
Tabla 15- Valores para el dimensionamiento de la batería en una descarga estacional

Componentes abreviados en la fórmula	Valores
N	2 días
P_{descarga-est.}	0.7
V_{batería}	12 V

Fuente: Elaboración propia

Para efectos del dimensionamiento de la batería elegimos el mayor resultado, por lo tanto, la batería deberá tener una capacidad mayor a 252.703 Ah, la cual de acuerdo a selección por catálogo será de 254 Ah, cuyas demás características técnicas se encuentran detalladas en el ANEXO 5.

Figura 30.- Vista frontal, superior y lateral de la batería seleccionada



Fuente: Catálogo Auto Solar – Energía del Perú

5.8.- Dimensionamiento de los conductores

Para el dimensionamiento de los conductores se debe tener en cuenta los tramos principales del sistema a evaluar.

Los tramos serán

- **TRAMO 1:** desde la caja de conexión del módulo fotovoltaico hasta el regulador de carga.
- **TRAMO 2:** desde la salida del regulador hasta los bornes de conexión del motor eléctrico de la bomba.

En ambos casos análisis será por capacidad de corriente y caída de tensión.

Se aplicará las siguientes fórmulas en cada tramo

- **TRAMO 1**

Intensidad máxima permitida

$$I_{\max} = I_{CC}$$

$$I_{\max} = 9.03 \text{ A}$$

Caída de tensión máxima permitida

$$\Delta V \leq 1\% \times V_{\max}$$

$$\Delta V \leq 1\% \times 30$$

$$\Delta V \leq 0.3 \text{ V}$$

Cálculo de la sección de conductor

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot \Delta V}$$

Donde:

I_{\max} : Intensidad máxima (datos del fabricante)

L: Longitud del conductor (m)

S: Sección del conductor (mm²)

K: Conductividad del cobre ($\Omega \cdot \text{m}/\text{mm}^2$)

V_{\max} : Tensión máxima

ΔV : Caída de tensión (V)

Reemplazando tenemos

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot \Delta V}$$

$$S = \frac{2 \times 2 \times 9.03}{56 \times 0.3}$$

$$S = 2.15 \text{ mm}^2$$

- **TRAMO 2**

Intensidad máxima permitida

$$I_{\max} = I_{RS}$$

$$I_{\max} = 8.33 \text{ A}$$

Caída de tensión máxima permitida

$$\Delta V \leq 3\% \times V_{\text{nominal}}$$

$$\Delta V \leq 3\% \times 12$$

$$\Delta V \leq 0.36 \text{ V}$$

Cálculo de la sección de conductor

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot \Delta V}$$

$$S = \frac{2 \times 2 \times 8.33}{56 \times 0.36}$$

$$S = 1.65 \text{ mm}^2$$

En conclusión llegamos a los valores dados en la tabla 16 para el dimensionamiento de los conductores y cuyas características específicas se encuentran detalladas en el ANEXO 6.

Tabla 16.- Selección de la sección del conductor por cada tramo

TRAMO	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección mínima del conductor (mm ²)	Sección del conductor seleccionado (mm ²)
Tramo 1	2	9.03	2.15	4.0
Tramo 2	2	8.33	1.65	2.5

Fuente: Elaboración propia

5.9.- Dimensionamiento de las protecciones

- **Cable de protección**

Habría que instalar un cable de protección adicional, que servirá para conectar las partes metálicas de la instalación a un sistema a tierra y así evitar que aparezcan voltajes peligrosos que lo puedan dañar. De acuerdo del CNE, cuando la sección de conductor activo es menor a 16 mm² el cable a tierra deberá ser de la misma sección del conductor, es por eso que se muestra los siguientes valores en la tabla dada a continuación.

En la tabla 17 se muestran la sección de las protecciones seleccionadas y sus características específicas se detallan en el ANEXO 6.

Tabla 17.- Selección de la protección del conductor por cada tramo

TRAMO	Sección mínima del conductor (mm ²)	Sección del conductor seleccionado (mm ²)	Sección del conductor de protección (mm ²)
Tramo 1	2.15	4.0	4.0
Tramo 2	1.65	2.5	2.5

Fuente: Elaboración propia

- **Interruptor termomagnético**

Estos tipos de interruptores proporciona una adecuada protección contra sobrecargar y cortocircuitos de acuerdo a la norma IEC 60269, con una corriente mínima de fusión de $1.35 \times I_N$ capaz de interrumpir el paso de todas las corrientes que vayan desde su valor de intensidad nominal hasta su poder de corte asignado. Por lo tanto, se seleccionará el siguiente interruptor en la tabla 18, las características técnicas se detallan en el ANEXO 6.

Tabla 18.- Selección del interruptor termomagnético

TRAMO	Intensidad de corriente (A)	Intensidad de corriente del interruptor (A)	Interruptor seleccionado (A)	Poder de corte (kA)
Tramo 1	9.01	12.16	15	20
Tramo 2	8.33	11.24	15	20

Fuente: Elaboración propia

5.10.- Dimensionamiento de la tubería

Tomando en cuenta que el caudal diario requerido es de $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ y la velocidad media del agua de 1.8 m/s utilizaremos la siguiente fórmula para halla el diámetro de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{354(Q)}{Vel}}$$

Donde:

Q: caudal promedio diario (m³/s)

Vel: Velocidad media del agua (1.8 m/s)

D: diámetro de la tubería (m)

Reemplazando tenemos

$$D = \sqrt{\frac{354 \times 1.4}{1.8}}$$

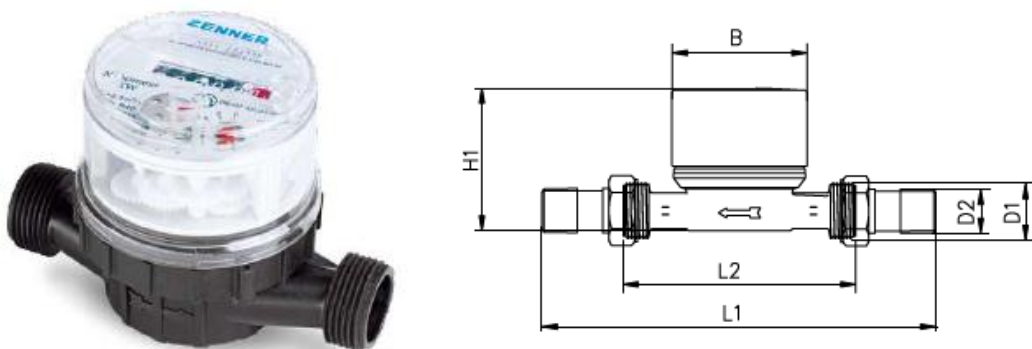
$$D = 16.593 \text{ mm}$$

Por lo tanto, tenemos un diámetro de 16.593 mm, entonces utilizaremos una tubería de 25.4 mm o 1 pulgada para evitar las caídas de presión.

5.11.- Contador de agua

El contador de agua mide, registra e indica el volumen de agua en metros cúbicos que pasa a través de él. Se utilizará un contador de agua marca Zenner que soporta de 1.2 a 4 m³/h de caudal. Cuyas características se encuentran en el ANEXO 7.

Figura 31.- Vista frontal del contador de agua



Fuente: Catálogo de Tecnología Energética

5.12.- Manómetro

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

En este caso el manómetro se encargará de medir la presión de manera continua dentro de las tuberías al realizarse la extracción de agua en el pozo hasta el depósito acumulador mediante la bomba.

Para el proyecto se ha seleccionado un manómetro digital modelo ECO 1 KELLER, cuyas características específicas se muestran en el ANEXO 8.

Figura 32.- Manómetro seleccionado



Fuente: Catálogo de Tecnología Energética

5.13.- Válvula de paso

La válvula de paso tendrá la importancia de controlar todo el tiempo de manera manual el paso del agua desde el pozo hasta el depósito acumulador, de esta manera ante cualquier fallo eléctrico o mecánico se podrá interrumpir el paso del agua.

Se utilizará una válvula de compuerta clase 150 DN de ½" a 36" de acero al carbono, cuyas características se detallan en el ANEXO 9.

Figura 33.- Válvula de paso seleccionada



Fuente: Bombeo de agua – catálogo de kit de productos para bombeo

5.14.- Depósito de Almacenamiento

Se seleccionara un depósito de almacenamiento de 5 mil litros de capacidad cuyas características específicas en encuentran en el anexo 10.

5.15.- Metrado y presupuesto del proyecto

5.15.1.- Metrado y presupuesto del sistema de bombeo fotovoltaico

Tabla 19.- Cantidad y costo de equipos seleccionados para el proyecto

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	Costo Unitario (S./)	Sub Total (S./)
01	Panel Solar TAI Energy 12V - 250W de 60 celdas y silicio monocristalino.	Und	1	1098.60	1098.60
02	Bomba de agua solar de superficie Lorentz PS2-150 BOOST-330, 120 W	Und	1	912.80	912.80
03	Controlador de carga Lorentz PS2 - 150 W	Und	1	523.90	523.90
04	Batería AGM 12V 254 Ah TROJAN	Und	1	750.40	750.40
05	Conductor TW 80 Calibre 12 (AWG)	m	10	6.8	68.00
06	Conductor TW 80 Calibre 14 (AWG)	m	10	7.2	72.00
07	Llave de protección termomagnética Vigivolt FV-600/2S	Und	1	175.90	175.90
08	Tubo marca Pavco PVC-U 1" x 5 m	M	20	28.00	112.00
09	Válvula de paso Ross 42WRS	Und	1	120.00	120.00
10	Manómetro	Und	1	150.00	150.00
11	Contador de agua	Und	1	98.00	98.00
12	Depósito de almacenamiento de agua Rotoplast	Und	1	1200.00	1200.00
13	Estructura de soporte para panel solar de acero galvanizado	Glb	1	250.00	250.00
14	Otros	Und	-	50.00	50.00
TOTAL					5581.60

Fuente: Elaboración propia

5.15.2.- Presupuesto de suministro de materiales y montaje del sistema de bombeo fotovoltaico

Tabla 20.- Costos de materiales y montaje del sistema

Ítem	Descripción	Total (S./)
01	Suministro de materiales	5581.60
02	Transporte de materiales	550.00
03	Montaje electromecánico	2500.00
04	Costo directo	8613.60
Subtotal		8613.60
IGV		1550.45
COSTO TOTAL		10164.45

Fuente: Elaboración propia

5.15.3.- Análisis de la inversión del proyecto

En este punto se deberá conocer los siguientes conceptos para su posterior desarrollo.

5.15.3.1.- Valor actual neto (VAN)

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

Basta con hallar el VAN de un proyecto de inversión para saber si dicho proyecto es viable o no. El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión. Incluso, si alguien nos ofrece comprar nuestro negocio, con este

indicador podemos determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de lo que ganaríamos de no venderlo.

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)^1} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+K)^n} \quad (\text{Ec.23})$$

5.15.3.2.- Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA (beneficio neto actualizado) sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0).

Entonces para hallar la TIR se necesitan:

- Tamaño de inversión.
- Flujo de caja neto proyectado.

Para hallar la TIR hacemos uso de la fórmula del VAN, sólo que en vez de hallar el VAN (el cual reemplazamos por 0), estaríamos hallando la tasa de descuento.

5.15.3.3.- Inversión

Suponiendo que el proyecto se ejecute la inversión será asumida por el propietario del predio, la cual es de S. / 10164.45

5.15.3.4.- Flujo de caja proyectado

El flujo de caja proyectado será en un horizonte de 20 años, lo que permitirá observar los ingresos y egresos del proyecto.

Los ingresos del proyecto básicamente están representados por la venta de animales que son criados en la zona y productos vegetales cultivados en el predio para su posterior venta, lo cual se consultó con el dueño y se obtuvo como dato de ingresos de 2800 soles anuales considerando que hay meses en que los productos animales y vegetales no generan ingresos debido a que están época de crecimiento y época de riego.

Los egresos del proyecto incluyen la depreciación de equipos junto con el mantenimiento de los mismos los cuales se muestran a continuación.

Tabla 21.- Depreciación de equipos de acuerdo a la vida útil

DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS			
Equipo	Vida Útil (años)	Costo Total (S./)	Depreciación (S./)
Panel Solar	15	1098.60	73.24
Bomba	12	912.80	76.06
Controlador de carga	12	523.90	43.65
Batería	10	750.40	75.04
Llave termomagnética	8	175.90	21.99
Depósito de almacenamiento	10	1200.00	120.00
Total de depreciación de equipos			409.98
Mantenimiento anual de equipos			450.00
Total de egresos anuales			859.98

Fuente: Elaboración propia

5.15.3.5.- Tasa de descuento

Esta tasa representa una medida de rentabilidad que se exigirá al proyecto de acuerdo a su riesgo. Además, al obtenerla podremos utilizarla para conocer el Valor Actual Neto del proyecto

Se aplicará una tasa efectiva anual del 14 % de acuerdo al sistema del Banco de la Nación (simulador de préstamos del banco de la nación).

Tabla 22.- Análisis económico del proyecto

Años	Inversion inicial (S./)	Ingresos (S./)	Egresos (S./)	Flujo Efectivo Neto (S./)
0	-10164.45			-10164.45
1		2800.00	859.98	1940.02
2		2800.00	859.98	1940.02
3		2800.00	859.98	1940.02
4		2800.00	859.98	1940.02
5		2800.00	859.98	1940.02
6		2800.00	859.98	1940.02
7		2800.00	859.98	1940.02
8		2800.00	859.98	1940.02
9		2800.00	859.98	1940.02
10		2800.00	859.98	1940.02
11		2800.00	859.98	1940.02
12		2800.00	859.98	1940.02
13		2800.00	859.98	1940.02
14		2800.00	859.98	1940.02
15		2800.00	859.98	1940.02
16		2800.00	859.98	1940.02
17		2800.00	859.98	1940.02
18		2800.00	859.98	1940.02
19		2800.00	859.98	1940.02
20		2800.00	859.98	1940.02

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la fórmula del VAN tenemos el siguiente resultado

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)^1} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+K)^n}$$

$$VAN = -10164.45 + \frac{1940.02}{(1+0.14)^1} + \frac{1940.02}{(1+0.14)^2} + \dots + \frac{1940.02}{(1+0.14)^{20}}$$

$$VAN = -10164.45 + 12849.01$$

$$VAN = S./ 2,684.56$$

Obtuvimos un Valor Actual Neto (VAN) de S. / 2684.56 lo cual indica que el proyecto es rentable y ejecutable debido a que el van es mayor de 0.

Para hallar la TIR hacemos uso de la fórmula del VAN, sólo que en vez de hallar el VAN (el cual reemplazamos por 0), estaríamos hallando la tasa de descuento

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)^1} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+K)^n}$$

$$0 = -10164.45 + \frac{1940.02}{(1+K)^1} + \frac{1940.02}{(1+K)^2} + \dots + \frac{1940.02}{(1+K)^n}$$

$$K = 18\%$$

Hallada la variable K que es tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión, por lo tanto, el TIR vendría a tener un valor de 18%, lo cual confirma que le proyecto es rentable ya que este valor es mayor a la tasa de descuento que tiene un valor del 14%.

5.15.3.6- Periodo de recuperación de la inversión (Pr)

Se utilizará la siguiente fórmula

$$Pr = \frac{I}{FN} \quad (\text{Ec.24})$$

Donde:

Pr: Periodo de recuperación de la inversión (años)

I: Inversión inicial

FN: flujo neto generado anualmente por el proyecto

En nuestro caso el periodo de recuperación sería:

$$Pr = \frac{I}{FN}$$

$$Pr = \frac{10164.45}{1940.02}$$

$$Pr = 5.23 \text{ Años}$$

Es decir, el periodo de recuperación de la inversión se dará en 5.23 años.

5.16.- Evaluación ambiental

En este punto se hallará la cantidad de CO₂ que se dejará de emitir al medio ambiente mediante el uso de energías renovables (energía solar) mediante la energía anual producida por el sistema fotovoltaico. Ya que la energía convencional es una parte de su porcentaje producida por combustibles fósiles lo cual produce gases de efecto invernadero (GEI).

Un kW de electricidad es igual a 0.6593 kg de CO₂.

Tomando como caso la ejecución del proyecto, nuestro consumo de energía diario hallado es de 0.262423 kWh. Con esto tenemos lo siguiente

Tabla 23.- Emisiones de CO₂ evitadas en el horizonte del proyecto

Año	Energía anual producida (kW/año)	Emisiones anuales evitadas al medio ambiente (kg de CO₂ /año)
01	391.572	258.163
02	391.572	258.163
03	391.572	258.163
04	391.572	258.163
05	391.572	258.163
06	391.572	258.163
07	391.572	258.163
08	391.572	258.163
09	391.572	258.163
10	391.572	258.163
11	391.572	258.163
12	391.572	258.163
13	391.572	258.163
14	391.572	258.163
15	391.572	258.163
16	391.572	258.163
17	391.572	258.163
18	391.572	258.163
19	391.572	258.163
20	391.572	258.163
Total de emisiones evitadas		5162.26

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES

- Se obtuvieron los datos de radiación solar y velocidad del viento de la estación meteorológica SIPAN, Tipo Convencional actualmente en funcionamiento. Del cual se utilizó el menor valor promedio mensual de radiación solar de 4.77 kWh/m².
- Para el presente proyecto se realizó el estudio de las fuentes de energías renovables más predominantes (energía solar y energía eólica) de la localidad de La Carrecilla en el distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, para el análisis técnico – económico de un sistema de bombeo, bajo las normas técnicas de electrificación tanto de energías renovables como no renovables, de las cuales se optó por elegir la energía solar por su mayor predominio y se realizó el cálculo de consumo energético estimado en función a 5 horas diarias, que es el tiempo que trabaja el sistema de bombeo y se obtuvo un resultado de 454.866 Wh/día y se dimensionó el sistema fotovoltaico el cual está formado por 1 panel fotovoltaico de 12 V - 250 W que está compuesto por 60 celdas, un sistema motor-bomba superficial de 120 W y su controlador de carga tipo PS2 -150 y una batería de 12 V – 254 Ah AGM.
- Desarrollando el análisis económico se obtuvo que para el proyecto se invertirá un monto de S./ 10164.45 , para lo cual se calcularon los valores del VAN y TIR obteniéndose S./ 2684.56 y 18 % respectivamente, los cuales son adecuados para cumplir con la ejecución y rentabilidad del proyecto. Se obtuvo una relación beneficio/costo (B/C) de 3.25 lo cual

refuerza la viabilidad del proyecto y a la vez se proyectó la recuperación de la inversión en un plazo de 5.23 años aproximadamente.

- En el aspecto del medio ambiente se calculó que se evitará la emisión de 258.163 kg de CO₂ al año y 5163.26 kg de CO₂ durante el horizonte del proyecto.

6.2.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas con otros tipos de bombas (centrífugas, sumergibles, etc.), para así expandir los conocimientos de la energía solar en sus diferentes aplicaciones.
- Realizar nuevos cálculos a través de otros métodos con el fin de reducir la demanda energética y así los costos de los componentes del sistema.
- Se recomienda realizar proyectos de bombeo que involucren tiempos más largos de utilización para evaluar la vida útil y eficiencia del sistema.
- El presente trabajo debe servir para que más adelante se analicen y estudien a fondo más fuentes de generación de energía renovables que puedan encontrarse ya con mayor influencia en el territorio.
- Se recomienda disminuir el uso de tuberías, empalmes y codos para que las pérdidas por fricción disminuyan.
- Se recomienda reducir los costos de inversión a través de una selección de componentes aún más minuciosa que la del presente trabajo, ya que el mercado se disponen de una gran variedad de posibilidades para una misma necesidad.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.-Alfonso Carlos Domínguez – Palacios Gómez (2011), Proyecto de un sistema de bombeo fotovoltaico a depósito, para consumo y abrevadero, en Gurmudele, Etiopía.
- 2.-Alonso Albela (2011), “Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones fotovoltaicas”
- 3.-Cervante Herrejon (2009), “Estudio de sistemas de bombeo fotovoltaico”
- 4.-Edwin Antonio Reyes Aguilera (2014), Prototipo didáctico de sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica. Pag 69-78.
- 5.-Instituto Aragonés del Agua (2015), Guía Técnica para la utilización de la energía solar fotovoltaica en instalaciones de abastecimiento de agua potable.
- 6.-Josué Eliezer Alata Rey (2015), Dimensionamiento de un sistema de bombeo con paneles solares – Caso UNALM
- 7.- Libro de consulta (Volumen I – 2014), Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica.
- 8.-Manual de la influencia de la tecnología fotovoltaica en la producción de energética (2016).
- 9.-UPC (2017), Manual sobre el potencial de la radiación solar.
- 10.-Norma Técnica de Edificación EM-80 Instalaciones con energía solar.
- 11.-Perú Económico, Los retos energéticos del Perú, (2015), estado actual del uso de la energía solar en el Perú.

12.-Universidad Mayor de San Marcos (2015), Modelos estratégico para viabilizar proyectos de generación de electricidad utilizando energías renovables no convencionales en zonas rurales del Perú, para promover su desarrollo sustentable.

13.-Universidad Nacional de Juliaca, Puno – Perú (2015), Impacto socio económico de la extracción de agua con energía solar dentro del marco de la eficiencia energética y su sostenibilidad en el altiplano puneño.

ANEXOS

ANEXO 1.- REGISTRO DE VALORES SOBRE LA RADIACIÓN INCIDENTE EN LA ZONA.

									Cuadro: 01/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	1	1	26.21	19.31	2.88	2.09	79.17
-6.78069	-79.61429	2017	1	2	27.38	19.4	6.55	2.89	73.49
-6.78069	-79.61429	2017	1	3	29.2	19.18	6.44	2.6	69.7
-6.78069	-79.61429	2017	1	4	27.43	19.66	6.17	2.03	74.16
-6.78069	-79.61429	2017	1	5	25.4	19.75	3.8	1.63	77
-6.78069	-79.61429	2017	1	6	27.8	19.5	4.54	1.91	74.23
-6.78069	-79.61429	2017	1	7	29.22	19.48	6.44	2.57	71.07
-6.78069	-79.61429	2017	1	8	27.58	19.82	3.76	2.23	78.49
-6.78069	-79.61429	2017	1	9	27.82	19.65	5.34	1.97	73.34
-6.78069	-79.61429	2017	1	10	28.51	19.67	7.08	2.07	68.49
-6.78069	-79.61429	2017	1	11	28.03	19.64	5.78	2.14	70.37
-6.78069	-79.61429	2017	1	12	28.26	19.91	6.66	2.46	73.66
-6.78069	-79.61429	2017	1	13	27.17	20.25	4.15	2.11	78.24
-6.78069	-79.61429	2017	1	14	26.26	19.88	3.09	1.75	79.65
-6.78069	-79.61429	2017	1	15	27.83	19.82	5.01	1.71	69.87
-6.78069	-79.61429	2017	1	16	28.6	19.85	6.06	2.36	69.89
-6.78069	-79.61429	2017	1	17	28.51	20.13	5.9	2.22	72.42
-6.78069	-79.61429	2017	1	18	29.62	19.95	5.64	2.29	68.86
-6.78069	-79.61429	2017	1	19	27.88	20.16	5.22	2.25	71.17
-6.78069	-79.61429	2017	1	20	27.78	20.66	4.42	1.94	74.84
-6.78069	-79.61429	2017	1	21	28.55	20.52	4.35	2.23	70.58
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 02/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	1	22	28.88	20.53	5.41	2.22	69.35
-6.78069	-79.61429	2017	1	23	29.01	20.74	5.69	2.44	68.15
-6.78069	-79.61429	2017	1	24	29.36	20.91	5.66	2.12	69.63
-6.78069	-79.61429	2017	1	25	26.7	21.14	2.85	1.66	77.94
-6.78069	-79.61429	2017	1	26	27.75	21.01	3.67	1.89	75.75
-6.78069	-79.61429	2017	1	27	29.32	20.92	5.11	2.05	74.06
-6.78069	-79.61429	2017	1	28	30.27	21.38	5.6	2.02	72.66
-6.78069	-79.61429	2017	1	29	29.55	21.23	4.95	1.88	74.62
-6.78069	-79.61429	2017	1	30	29.46	21.76	4.97	2.22	74.93
-6.78069	-79.61429	2017	1	31	29.35	21.9	3.14	2.08	76.92
PROMEDIO MENSUAL					28.22	20.25	5.04	2.13	73.31
-6.78069	-79.61429	2017	2	1	29.11	22.19	4.43	2.8	79.00
-6.78069	-79.61429	2017	2	2	28.14	22.43	4.46	3.06	80.74
-6.78069	-79.61429	2017	2	3	28.36	22.43	4.61	1.89	80.25
-6.78069	-79.61429	2017	2	4	29.81	22.19	3.6	2.18	79.73
-6.78069	-79.61429	2017	2	5	31.23	22.23	4.55	2.52	75.13
-6.78069	-79.61429	2017	2	6	30.4	22.32	5.33	2.8	76.24
-6.78069	-79.61429	2017	2	7	31.22	21.99	4.03	2.62	75.95
-6.78069	-79.61429	2017	2	8	30.07	22.45	3.01	2.89	75.68
-6.78069	-79.61429	2017	2	9	30.68	22.43	5.1	2.51	74.98
-6.78069	-79.61429	2017	2	10	29.21	22.39	2.96	2.48	77.08
-6.78069	-79.61429	2017	2	11	30.75	21.73	6.75	2.54	69.82
-6.78069	-79.61429	2017	2	12	30.47	21.19	6.95	2.39	66.86
-6.78069	-79.61429	2017	2	13	30.23	21.83	7.73	2.18	67.34
-6.78069	-79.61429	2017	2	14	30	21.87	6.12	1.99	68.21
-6.78069	-79.61429	2017	2	15	28.5	22.35	6.2	1.94	71.19
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 03/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	2	16	28.72	22.21	4.8	2.55	74.78
-6.78069	-79.61429	2017	2	17	30.06	21.91	5.72	1.95	66.08
-6.78069	-79.61429	2017	2	18	29.86	21.83	6.97	2.22	69.42
-6.78069	-79.61429	2017	2	19	30.67	21.89	6.19	2.39	67.75
-6.78069	-79.61429	2017	2	20	29.38	22.1	4.82	2.39	74.76
-6.78069	-79.61429	2017	2	21	30.34	21.89	6.06	2.38	67.98
-6.78069	-79.61429	2017	2	22	29.77	21.93	6.94	2.14	70.05
-6.78069	-79.61429	2017	2	23	29.18	21.96	4.76	2.18	74.42
-6.78069	-79.61429	2017	2	24	28.77	22.14	5.73	2.12	76.07
-6.78069	-79.61429	2017	2	25	29.72	22.14	5.49	2.44	74.48
-6.78069	-79.61429	2017	2	26	28.92	22.15	6.13	2.26	73.98
-6.78069	-79.61429	2017	2	27	30.35	22.32	6.07	2.03	68.5
-6.78069	-79.61429	2017	2	28	30.71	22.2	5.93	2.5	69.62
PROMEDIO MENSUAL					29.81	22.10	5.41	2.37	73.07
-6.78069	-79.61429	2017	3	1	31.12	22.3	6.35	2.49	67.71
-6.78069	-79.61429	2017	3	2	30.88	22.79	5.13	2.39	71.34
-6.78069	-79.61429	2017	3	3	30.86	23.35	3.94	2.35	73.65
-6.78069	-79.61429	2017	3	4	31.42	22.84	4.09	2.42	72.96
-6.78069	-79.61429	2017	3	5	30.46	22.65	5.15	2.97	74.12
-6.78069	-79.61429	2017	3	6	28.24	23.2	4.83	2.5	81.12
-6.78069	-79.61429	2017	3	7	29	23.01	5.31	2.25	79.28
-6.78069	-79.61429	2017	3	8	30.56	22.6	4.35	2.61	75.86
-6.78069	-79.61429	2017	3	9	29.7	22.4	3.47	2.47	75.85
-6.78069	-79.61429	2017	3	10	30.14	22.63	4.64	2.3	75.67
-6.78069	-79.61429	2017	3	11	29.92	22.95	4.4	2	77.23
-6.78069	-79.61429	2017	3	12	28.46	22.78	3.88	1.91	80.82
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 04/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	3	13	28.23	22.76	5.24	2.15	82.84
-6.78069	-79.61429	2017	3	14	28.08	22.27	4.5	2.38	80.4
-6.78069	-79.61429	2017	3	15	28.09	22.14	4.94	1.73	79.29
-6.78069	-79.61429	2017	3	16	29.38	22.18	5.64	1.84	73.75
-6.78069	-79.61429	2017	3	17	28.19	22.66	6.33	1.76	76.72
-6.78069	-79.61429	2017	3	18	28.52	22.48	4.9	2.09	78.97
-6.78069	-79.61429	2017	3	19	27.78	22.74	5.65	2.14	80.29
-6.78069	-79.61429	2017	3	20	29.29	22.68	4.45	2.3	79.8
-6.78069	-79.61429	2017	3	21	28.82	22.98	5.57	2.24	81.58
-6.78069	-79.61429	2017	3	22	26.31	22.61	4.48	1.5	84.43
-6.78069	-79.61429	2017	3	23	29.27	22.57	5.01	1.98	77.62
-6.78069	-79.61429	2017	3	24	29.56	22.39	5.6	2.28	77.46
-6.78069	-79.61429	2017	3	25	28.77	22.72	4.6	2.18	81.93
-6.78069	-79.61429	2017	3	26	28.74	22.62	6.05	1.98	80.73
-6.78069	-79.61429	2017	3	27	28.84	22.19	4.79	2.09	79.36
-6.78069	-79.61429	2017	3	28	29.21	22.35	5.05	2.32	80.41
-6.78069	-79.61429	2017	3	29	29.16	22.65	3.81	2.63	80.93
-6.78069	-79.61429	2017	3	30	27.75	22.13	3.52	2.25	83
-6.78069	-79.61429	2017	3	31	27.35	21.75	4.83	2.03	82.67
PROMEDIO MENSUAL					29.10	22.59	4.85	2.21	78.32
-6.78069	-79.61429	2017	4	1	28.98	21.58	4.28	2.38	80.26
-6.78069	-79.61429	2017	4	2	29.68	21.16	4.61	3.04	76.16
-6.78069	-79.61429	2017	4	3	29.64	21.04	4.65	2.64	75.3
-6.78069	-79.61429	2017	4	4	29.42	20.85	5.35	2.58	75.05
-6.78069	-79.61429	2017	4	5	29.78	21.05	4.95	2.69	73.83
-6.78069	-79.61429	2017	4	6	29.07	20.5	5.67	2.71	75.99
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 05/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	4	7	28.97	20.4	5.46	2.5	76.24
-6.78069	-79.61429	2017	4	8	27.73	20.9	4.86	2.17	78.71
-6.78069	-79.61429	2017	4	9	28.09	20.12	4.19	1.76	75.79
-6.78069	-79.61429	2017	4	10	27.92	20.22	4.92	1.93	76.57
-6.78069	-79.61429	2017	4	11	28.34	20.62	5.51	1.95	78.52
-6.78069	-79.61429	2017	4	12	26.88	20.67	4.53	2.3	81.68
-6.78069	-79.61429	2017	4	13	28.19	20.16	4.2	2.43	79.86
-6.78069	-79.61429	2017	4	14	29.04	20.13	5.5	2.41	76.59
-6.78069	-79.61429	2017	4	15	29.15	20.41	5.42	2.57	75.42
-6.78069	-79.61429	2017	4	16	28.24	20.75	4.3	2.5	77.24
-6.78069	-79.61429	2017	4	17	28.74	20.16	5.38	2.29	76.25
-6.78069	-79.61429	2017	4	18	27.77	20.59	5.11	1.85	80.34
-6.78069	-79.61429	2017	4	19	25.3	20.7	2.19	1.85	85.42
-6.78069	-79.61429	2017	4	20	28.98	20.76	5.27	1.89	74.5
-6.78069	-79.61429	2017	4	21	28.14	20.14	3.77	1.93	76.26
-6.78069	-79.61429	2017	4	22	29.21	20.27	6.14	2.42	75.9
-6.78069	-79.61429	2017	4	23	29.18	20.38	4.38	2.53	75.51
-6.78069	-79.61429	2017	4	24	28.77	20.2	4.48	2.71	75.45
-6.78069	-79.61429	2017	4	25	27.96	20.29	5.06	2.17	76.87
-6.78069	-79.61429	2017	4	26	28.05	19.82	4.37	2.14	76.5
-6.78069	-79.61429	2017	4	27	28.78	19.8	5.75	2.4	73.66
-6.78069	-79.61429	2017	4	28	29.33	20.07	5.83	2.83	73.6
-6.78069	-79.61429	2017	4	29	28.09	20.34	4.68	2.76	75.31
-6.78069	-79.61429	2017	4	30	27.9	20.04	4.29	2.44	76.81
PROMEDIO MENSUAL					28.51	20.47	4.84	2.36	76.85
-6.78069	-79.61429	2017	5	1	27.7	20.13	5.54	2.18	76.55
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 06/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	5	2	27.41	19.77	4.87	2.58	76.99
-6.78069	-79.61429	2017	5	3	27.93	19.4	5.17	2.61	75.32
-6.78069	-79.61429	2017	5	4	27.92	19.49	5.46	2.69	75.04
-6.78069	-79.61429	2017	5	5	26.73	19.61	3.6	2.01	78.99
-6.78069	-79.61429	2017	5	6	26.84	19.69	4.23	2.08	80.7
-6.78069	-79.61429	2017	5	7	25.98	19.45	4.73	2.56	81.44
-6.78069	-79.61429	2017	5	8	26.76	18.9	5.09	1.88	75.36
-6.78069	-79.61429	2017	5	9	27.24	19.96	4.78	1.66	73.56
-6.78069	-79.61429	2017	5	10	26.25	19.26	3.74	1.58	77.24
-6.78069	-79.61429	2017	5	11	26.33	19.71	3.86	2.01	78.04
-6.78069	-79.61429	2017	5	12	27.01	19.56	5.59	2.28	76.69
-6.78069	-79.61429	2017	5	13	25.7	19.6	3.95	1.77	79.95
-6.78069	-79.61429	2017	5	14	26.71	19.35	3.88	2.22	80.25
-6.78069	-79.61429	2017	5	15	26.03	19.18	4.46	2.22	79.76
-6.78069	-79.61429	2017	5	16	27.53	19.6	4.73	2.21	78.9
-6.78069	-79.61429	2017	5	17	27.02	19.51	4.93	2.66	78.92
-6.78069	-79.61429	2017	5	18	27.18	18.97	4.09	2.79	77.76
-6.78069	-79.61429	2017	5	19	26.66	18.89	4.98	2.98	78.1
-6.78069	-79.61429	2017	5	20	26.83	18.55	4.67	2.76	77.07
-6.78069	-79.61429	2017	5	21	27.34	18.78	3.49	2.63	75.9
-6.78069	-79.61429	2017	5	22	27.14	18.68	2.97	2.08	75.7
-6.78069	-79.61429	2017	5	23	28.19	18.62	4.62	2.47	72.52
-6.78069	-79.61429	2017	5	24	27.16	18.57	4.39	2.97	75.3
-6.78069	-79.61429	2017	5	25	27.01	18.28	3.23	3.09	76.15
-6.78069	-79.61429	2017	5	26	27.66	17.95	4.98	3.23	73.01
-6.78069	-79.61429	2017	5	27	27.23	18.06	4.37	2.74	75.27
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 07/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	5	28	26.88	18.02	3.36	2.57	75.68
-6.78069	-79.61429	2017	5	29	27.12	18.48	5.55	2.76	73.53
-6.78069	-79.61429	2017	5	30	26.9	18.29	3.24	2.91	74.53
-6.78069	-79.61429	2017	5	31	26.88	18.44	2.77	2.99	74.81
PROMEDIO MENSUAL					27.01	19.06	4.98	2.46	76.74
-6.78069	-79.61429	2017	6	1	27.41	18.38	4.42	2.52	74.32
-6.78069	-79.61429	2017	6	2	27.48	18.33	5.11	2.71	72.57
-6.78069	-79.61429	2017	6	3	27.39	18.39	3.49	2.66	73.39
-6.78069	-79.61429	2017	6	4	27.2	18.21	3.84	2.72	74.32
-6.78069	-79.61429	2017	6	5	27.21	18.16	4.88	2.98	73.53
-6.78069	-79.61429	2017	6	6	26.77	17.66	3.95	3.1	74.43
-6.78069	-79.61429	2017	6	7	25.67	17.22	4.78	3.57	74.67
-6.78069	-79.61429	2017	6	8	23.9	17.47	5.38	2.58	80
-6.78069	-79.61429	2017	6	9	24.82	17.42	4.71	2.72	77.51
-6.78069	-79.61429	2017	6	10	26.37	18.56	4.67	2.44	74.98
-6.78069	-79.61429	2017	6	11	25.26	18.39	3.51	2.42	76.93
-6.78069	-79.61429	2017	6	12	26.46	17.85	5.75	2.41	74.87
-6.78069	-79.61429	2017	6	13	25.84	17.72	5.09	2.53	73.78
-6.78069	-79.61429	2017	6	14	26.54	18.06	5.39	2.53	74.08
-6.78069	-79.61429	2017	6	15	26.96	17.68	4.91	2.64	70.5
-6.78069	-79.61429	2017	6	16	26.21	17.46	3.4	2.56	72.5
-6.78069	-79.61429	2017	6	17	25.47	16.97	3.59	2.68	74.83
-6.78069	-79.61429	2017	6	18	25.11	16.9	3.69	2.77	75.45
-6.78069	-79.61429	2017	6	19	26.46	17.29	4.73	2.59	72.73
-6.78069	-79.61429	2017	6	20	25.76	18.06	4.77	2.68	73.46
-6.78069	-79.61429	2017	6	21	25.86	18.46	3.09	2.85	72.85
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 08/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	6	22	27.12	17.72	4.08	2.72	71.78
-6.78069	-79.61429	2017	6	23	26.94	17.24	5.28	2.25	69.42
-6.78069	-79.61429	2017	6	24	26.35	16.92	4.55	2.52	71.84
-6.78069	-79.61429	2017	6	25	27.01	17.33	5.82	2.77	71.32
-6.78069	-79.61429	2017	6	26	24.95	17.66	3.3	2.98	75.27
-6.78069	-79.61429	2017	6	27	25.46	17.37	5.26	2.94	73.57
-6.78069	-79.61429	2017	6	28	26.02	17.35	3.5	3.36	72.62
-6.78069	-79.61429	2017	6	29	26.02	17.5	4.86	3.08	73.64
-6.78069	-79.61429	2017	6	30	26.6	18.01	4.82	2.9	72.01
PROMEDIO MENSUAL					26.22	17.72	4.95	2.74	73.77
-6.78069	-79.61429	2017	7	1	27.14	18.15	3.38	2.46	70.16
-6.78069	-79.61429	2017	7	2	27.05	17.84	4.78	2.54	70.8
-6.78069	-79.61429	2017	7	3	26.66	17.3	5.22	3.12	70.86
-6.78069	-79.61429	2017	7	4	26.92	17.16	2.9	2.88	69.94
-6.78069	-79.61429	2017	7	5	26.56	17.21	5.21	2.7	70.29
-6.78069	-79.61429	2017	7	6	27	17.34	4.52	2.81	70.18
-6.78069	-79.61429	2017	7	7	26.77	17.26	3.8	2.72	69.44
-6.78069	-79.61429	2017	7	8	26	17.1	4.71	2.67	70.99
-6.78069	-79.61429	2017	7	9	26.44	16.85	3.36	2.42	70.96
-6.78069	-79.61429	2017	7	10	26.54	16.69	3.66	2.54	71.67
-6.78069	-79.61429	2017	7	11	26.52	16.82	3.29	2.35	71.05
-6.78069	-79.61429	2017	7	12	26.27	16.62	3.75	2.73	69.82
-6.78069	-79.61429	2017	7	13	25.96	16.8	3.19	3	71.41
-6.78069	-79.61429	2017	7	14	26.52	16.48	5.28	2.92	69.88
-6.78069	-79.61429	2017	7	15	25.13	16.47	6.02	3.35	72.37
-6.78069	-79.61429	2017	7	16	24.4	16.11	4.6	3.28	72.71
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 09/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	7	17	26.68	16.36	5.65	2.96	69.17
-6.78069	-79.61429	2017	7	18	26.54	17.19	4.86	2.8	70.02
-6.78069	-79.61429	2017	7	19	25.4	17.48	5.58	2.84	69.84
-6.78069	-79.61429	2017	7	20	26.75	16.38	5.04	2.83	66.94
-6.78069	-79.61429	2017	7	21	26.22	15.98	5.76	2.93	70.06
-6.78069	-79.61429	2017	7	22	26.09	16.13	3.99	3.19	70.3
-6.78069	-79.61429	2017	7	23	26.39	16.3	4.83	3.07	67.34
-6.78069	-79.61429	2017	7	24	26.85	16.66	3.45	2.81	67.5
-6.78069	-79.61429	2017	7	25	26.4	16.95	5	3.03	68.65
-6.78069	-79.61429	2017	7	26	26.41	17.04	5.64	2.85	67.87
-6.78069	-79.61429	2017	7	27	26.16	16.57	4.05	2.82	69.16
-6.78069	-79.61429	2017	7	28	26.24	15.92	4.97	2.76	68.53
-6.78069	-79.61429	2017	7	29	26.21	16.27	5.57	2.83	69.94
-6.78069	-79.61429	2017	7	30	26.17	16.65	4.26	2.69	71.21
-6.78069	-79.61429	2017	7	31	25.71	16.89	5.7	2.58	73.05
PROMEDIO MENSUAL					26.33	16.81	4.58	2.82	70.07
-6.78069	-79.61429	2017	8	1	25.72	17.08	5.4	2.61	73.47
-6.78069	-79.61429	2017	8	2	26.04	16.83	5.06	2.62	70.96
-6.78069	-79.61429	2017	8	3	26.47	16.37	3.54	2.96	69.56
-6.78069	-79.61429	2017	8	4	25.89	16.8	4.61	3.21	71.17
-6.78069	-79.61429	2017	8	5	25.77	16.76	5.65	3.11	71.3
-6.78069	-79.61429	2017	8	6	25.75	16.47	6.14	2.95	70.18
-6.78069	-79.61429	2017	8	7	25.73	16.44	3.92	2.7	71.86
-6.78069	-79.61429	2017	8	8	26.22	16.84	3.84	2.91	70.51
-6.78069	-79.61429	2017	8	9	26.33	16.73	5.61	2.8	70.63
-6.78069	-79.61429	2017	8	10	25.96	16.75	4.99	2.51	70.83
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 10/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	8	11	25	16.85	5.94	2.91	73.11
-6.78069	-79.61429	2017	8	12	24.86	16.44	4.95	3.07	72.65
-6.78069	-79.61429	2017	8	13	25.9	16.66	5.58	3.33	71.53
-6.78069	-79.61429	2017	8	14	25.54	17.07	5.81	3.14	70.35
-6.78069	-79.61429	2017	8	15	25.88	16.48	5.76	2.82	68.87
-6.78069	-79.61429	2017	8	16	25.64	16.49	5.86	2.91	69.39
-6.78069	-79.61429	2017	8	17	24.33	16.51	5.89	2.51	72.27
-6.78069	-79.61429	2017	8	18	24.27	17.15	6.16	2.43	74.14
-6.78069	-79.61429	2017	8	19	25.26	16.76	5.77	3	70.44
-6.78069	-79.61429	2017	8	20	24.55	16.16	4.22	2.53	71.5
-6.78069	-79.61429	2017	8	21	25.58	16.71	2.48	2.32	73.67
-6.78069	-79.61429	2017	8	22	25.92	17.47	5.18	2.81	68.6
-6.78069	-79.61429	2017	8	23	26.06	16.95	4.56	2.69	70.43
-6.78069	-79.61429	2017	8	24	26.54	16.17	5.34	2.59	68.83
-6.78069	-79.61429	2017	8	25	26.79	16.78	6.19	2.97	67.14
-6.78069	-79.61429	2017	8	26	25.29	17.15	4.77	2.99	69.72
-6.78069	-79.61429	2017	8	27	24.63	16.79	4.33	2.82	72.4
-6.78069	-79.61429	2017	8	28	24.87	17.29	3.97	2.83	74.95
-6.78069	-79.61429	2017	8	29	26.17	17.06	4.37	3.19	69.21
-6.78069	-79.61429	2017	8	30	25.64	16.84	6.1	3.05	69.7
-6.78069	-79.61429	2017	8	31	26.32	16.59	5.6	2.87	67.98
PROMEDIO MENSUAL					25.64	16.76	5.08	2.84	70.88
-6.78069	-79.61429	2017	9	1	26.18	17.04	5.58	2.77	68.95
-6.78069	-79.61429	2017	9	2	26.33	17.16	6.19	2.57	67.24
-6.78069	-79.61429	2017	9	3	26.32	16.29	6.6	2.97	69.01
-6.78069	-79.61429	2017	9	4	25.24	16.45	5.84	2.86	72.1
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 11/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	9	5	25.83	16.31	5.85	2.89	70.32
-6.78069	-79.61429	2017	9	6	25.06	16.32	6.02	2.6	70.34
-6.78069	-79.61429	2017	9	7	25.11	16.88	6.06	2.48	70.09
-6.78069	-79.61429	2017	9	8	24.76	16.14	6.58	2.41	72.56
-6.78069	-79.61429	2017	9	9	23.54	16.37	4.47	2.8	74.95
-6.78069	-79.61429	2017	9	10	24.31	16.35	5.88	3.3	73.25
-6.78069	-79.61429	2017	9	11	25.19	16.48	6.05	3.69	70.85
-6.78069	-79.61429	2017	9	12	25.15	16.74	4.58	3.79	69.99
-6.78069	-79.61429	2017	9	13	26.07	16.71	6.24	3.78	66.92
-6.78069	-79.61429	2017	9	14	25.04	16.54	5.54	3.22	71.02
-6.78069	-79.61429	2017	9	15	25.72	16.51	6.15	3.14	69.94
-6.78069	-79.61429	2017	9	16	25.72	16.89	3.59	3.06	68.86
-6.78069	-79.61429	2017	9	17	27.34	17.92	4.79	2.86	64.55
-6.78069	-79.61429	2017	9	18	26.14	17.45	5.94	3.08	65.92
-6.78069	-79.61429	2017	9	19	25.29	16.35	5.56	3.51	69.72
-6.78069	-79.61429	2017	9	20	24.92	16.54	6.38	3.92	69.38
-6.78069	-79.61429	2017	9	21	25.45	16.16	6.56	3.19	70.03
-6.78069	-79.61429	2017	9	22	26.13	16.38	6.18	3.01	68.22
-6.78069	-79.61429	2017	9	23	25.73	17.46	5.9	2.68	69.1
-6.78069	-79.61429	2017	9	24	25.15	17.47	6.37	2.74	69.05
-6.78069	-79.61429	2017	9	25	25.27	17.65	5.18	3	69.88
-6.78069	-79.61429	2017	9	26	26.44	17.22	5.74	2.92	69.04
-6.78069	-79.61429	2017	9	27	25.88	17.5	6.31	2.59	70.52
-6.78069	-79.61429	2017	9	28	25.17	17.61	6.47	2.76	68.83
-6.78069	-79.61429	2017	9	29	25.34	17.79	6.38	2.53	68.72
-6.78069	-79.61429	2017	9	30	24.98	17.06	5.25	2.52	71.2
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 12/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
PROMEDIO MENSUAL					25.49	16.86	5.81	2.99	69.69
-6.78069	-79.61429	2017	10	1	25.07	16.88	6.2	2.61	70.08
-6.78069	-79.61429	2017	10	2	24.31	16.67	6.55	2.42	72.24
-6.78069	-79.61429	2017	10	3	23.76	16.57	6.52	2.32	74.87
-6.78069	-79.61429	2017	10	4	21.71	17.07	3.95	1.86	83.02
-6.78069	-79.61429	2017	10	5	24.66	16.65	6.34	2.25	76.29
-6.78069	-79.61429	2017	10	6	26.08	16.25	6.57	2.56	69.98
-6.78069	-79.61429	2017	10	7	25.58	17.28	6.9	3.09	69.26
-6.78069	-79.61429	2017	10	8	26.23	17.35	6.68	3.19	68.18
-6.78069	-79.61429	2017	10	9	24.86	16.71	6.51	2.87	71.52
-6.78069	-79.61429	2017	10	10	25.18	16.74	6.85	3.15	72.18
-6.78069	-79.61429	2017	10	11	25.65	16.51	7.05	3.01	70.52
-6.78069	-79.61429	2017	10	12	25.89	16.42	4.78	3.46	69.72
-6.78069	-79.61429	2017	10	13	25.73	16.5	6.79	3.18	69.93
-6.78069	-79.61429	2017	10	14	25.65	17.42	5.24	3.1	70.68
-6.78069	-79.61429	2017	10	15	26.32	17.06	6.46	2.74	71.78
-6.78069	-79.61429	2017	10	16	26.73	17.09	6.43	3.25	69.74
-6.78069	-79.61429	2017	10	17	27.24	17.54	6.97	3.06	66.8
-6.78069	-79.61429	2017	10	18	26.61	17.07	6.57	3.22	68.27
-6.78069	-79.61429	2017	10	19	26.7	17.54	6.84	2.89	66.92
-6.78069	-79.61429	2017	10	20	25.84	16.95	7.14	2.63	70.15
-6.78069	-79.61429	2017	10	21	25.69	17.38	7.09	2.53	71.49
-6.78069	-79.61429	2017	10	22	26.21	17.34	5.91	2.88	74.09
-6.78069	-79.61429	2017	10	23	23.68	17.34	4.3	2.61	79
-6.78069	-79.61429	2017	10	24	24.84	17.37	6.78	2.89	72.89
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 13/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	10	25	24.88	17.45	6.85	2.69	70.56
-6.78069	-79.61429	2017	10	26	25.42	16.82	6.94	2.46	72.58
-6.78069	-79.61429	2017	10	27	24.65	16.61	6.85	2.43	74.84
-6.78069	-79.61429	2017	10	28	24.06	16.5	4.45	2.08	76.76
-6.78069	-79.61429	2017	10	29	24.62	17.27	4.39	2.37	74.49
-6.78069	-79.61429	2017	10	30	24.33	16.61	7.46	2.43	71.73
-6.78069	-79.61429	2017	10	31	24.46	15.9	7.58	2.51	69.47
PROMEDIO MENSUAL					25.25	16.93	6.32	2.73	71.94
-6.78069	-79.61429	2017	11	1	25.04	15.14	7.65	2.71	69.67
-6.78069	-79.61429	2017	11	2	25.45	15.68	6.98	2.65	72.49
-6.78069	-79.61429	2017	11	3	24.26	15.16	6.99	2.78	69.46
-6.78069	-79.61429	2017	11	4	24.28	14.45	6.7	2.38	66.12
-6.78069	-79.61429	2017	11	5	24.16	14.92	7.21	2.46	68.64
-6.78069	-79.61429	2017	11	6	24.2	15.43	6.69	2.24	69.59
-6.78069	-79.61429	2017	11	7	23.93	15.85	6.05	2.17	71.79
-6.78069	-79.61429	2017	11	8	24.3	15.64	7.07	2.46	70.53
-6.78069	-79.61429	2017	11	9	24.43	15.41	7.53	2.32	70.82
-6.78069	-79.61429	2017	11	10	24.51	15.36	7.41	2.19	71.74
-6.78069	-79.61429	2017	11	11	25.03	16.26	6.9	2.32	71.14
-6.78069	-79.61429	2017	11	12	25.29	16.22	6.75	2.26	69.17
-6.78069	-79.61429	2017	11	13	25.35	16.38	6.77	2.15	68.73
-6.78069	-79.61429	2017	11	14	25.03	16.27	6.85	2.25	66.49
-6.78069	-79.61429	2017	11	15	24.91	15.23	7.51	2.17	67.73
-6.78069	-79.61429	2017	11	16	24.9	15.6	7.23	2.2	68.2
-6.78069	-79.61429	2017	11	17	24.89	16.14	7.21	2.2	69.71
-6.78069	-79.61429	2017	11	18	25.66	15.8	7.68	2.57	68.63
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 14/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	11	19	25.4	15.98	7.71	2.35	69.63
-6.78069	-79.61429	2017	11	20	25.42	15.95	7.46	2.43	69.89
-6.78069	-79.61429	2017	11	21	24.1	16.16	5	2.26	72.41
-6.78069	-79.61429	2017	11	22	24.13	16.81	4.24	2.01	79.43
-6.78069	-79.61429	2017	11	23	23.08	16.93	5.46	2.12	81.55
-6.78069	-79.61429	2017	11	24	22.9	17	6.49	2.24	81.52
-6.78069	-79.61429	2017	11	25	24.49	17.2	5.98	2.29	80.26
-6.78069	-79.61429	2017	11	26	24.33	17.06	4.87	2.72	80.96
-6.78069	-79.61429	2017	11	27	25.28	17.48	5.67	2	80.47
-6.78069	-79.61429	2017	11	28	25.11	17.44	4.69	2.55	78.19
-6.78069	-79.61429	2017	11	29	24.57	17.71	5.17	2.47	79.24
-6.78069	-79.61429	2017	11	30	25.21	17.86	7.1	2.31	77.5
PROMEDIO MENSUAL					24.65	16.15	6.57	2.34	72.72
-6.78069	-79.61429	2017	12	1	25.44	17.36	6.22	2.41	75.82
-6.78069	-79.61429	2017	12	2	25.43	17.27	5.88	2.2	76
-6.78069	-79.61429	2017	12	3	25.86	17.87	6.46	3	75.33
-6.78069	-79.61429	2017	12	4	25.62	17.83	6.1	2.78	77.42
-6.78069	-79.61429	2017	12	5	24.89	17.78	5.35	2.92	78.81
-6.78069	-79.61429	2017	12	6	26.22	17.95	5.67	2.79	76.36
-6.78069	-79.61429	2017	12	7	25.54	17.7	6.64	2.75	76.63
-6.78069	-79.61429	2017	12	8	25.1	17.5	6.26	2.49	78.57
-6.78069	-79.61429	2017	12	9	25.21	17.04	5.8	2.28	78.86
-6.78069	-79.61429	2017	12	10	24.75	17.76	6.2	2.43	77.52
-6.78069	-79.61429	2017	12	11	25.69	16.86	6.68	2.26	73.03
-6.78069	-79.61429	2017	12	12	25.25	17.1	4.63	2.12	74.48
-6.78069	-79.61429	2017	12	13	26.46	17.12	7.01	2.16	75.19
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 15/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2017	12	14	26.14	17.4	0	2.64	75.46
-6.78069	-79.61429	2017	12	15	26.4	17.64	6.56	2.57	75.22
-6.78069	-79.61429	2017	12	16	25.92	18.07	5.93	2.22	77.18
-6.78069	-79.61429	2017	12	17	26.82	17.79	6.52	2.37	74.36
-6.78069	-79.61429	2017	12	18	26.1	17.84	6.64	2.31	74.32
-6.78069	-79.61429	2017	12	19	26.53	17.91	5.67	2.08	74.76
-6.78069	-79.61429	2017	12	20	25.19	17.76	4.8	2.08	78.99
-6.78069	-79.61429	2017	12	21	26.38	17.77	5.73	2.27	76.73
-6.78069	-79.61429	2017	12	22	25.36	18.26	4.53	2.04	78.18
-6.78069	-79.61429	2017	12	23	26.44	18.17	5.97	2.38	77.67
-6.78069	-79.61429	2017	12	24	25.62	18.52	5.85	2.28	79.27
-6.78069	-79.61429	2017	12	25	25.12	18.41	6.38	1.8	77.4
-6.78069	-79.61429	2017	12	26	26.36	18.2	6.57	2.38	75.13
-6.78069	-79.61429	2017	12	27	26.88	18.36	4.59	2.32	74.64
-6.78069	-79.61429	2017	12	28	26.05	18.55	5.94	2.47	77.46
-6.78069	-79.61429	2017	12	29	26.15	18.47	5.51	2.01	79.39
-6.78069	-79.61429	2017	12	30	25.9	18.41	6.87	2.09	78.66
-6.78069	-79.61429	2017	12	31	26.4	18.07	6.6	1.91	76.55
PROMEDIO MENSUAL					25.85	17.83	5.79	2.35	76.63
-6.78069	-79.61429	2018	1	1	25.71	18.6	5.92	1.99	76.27
-6.78069	-79.61429	2018	1	2	26.6	18.33	7.07	2.41	73.59
-6.78069	-79.61429	2018	1	3	26.71	18.18	7.29	2.44	73.32
-6.78069	-79.61429	2018	1	4	26.45	18.63	6.02	2.24	76.92
-6.78069	-79.61429	2018	1	5	26.51	18.36	4.03	2.04	76.42
-6.78069	-79.61429	2018	1	6	25.52	18.28	4.38	2.13	77.52
-6.78069	-79.61429	2018	1	7	25.91	18.62	5.32	1.96	76.22
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 16/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2018	1	8	26.38	18.68	5.43	2.18	77.04
-6.78069	-79.61429	2018	1	9	25.63	18.65	5.25	1.92	80.07
-6.78069	-79.61429	2018	1	10	26.23	18.41	4.55	1.89	77.78
-6.78069	-79.61429	2018	1	11	25.94	18.59	5.31	1.76	76.78
-6.78069	-79.61429	2018	1	12	27.03	18.42	5.07	1.81	75.82
-6.78069	-79.61429	2018	1	13	26.65	18.93	5.69	1.99	76.51
-6.78069	-79.61429	2018	1	14	27.53	18.58	5.59	2.25	73.59
-6.78069	-79.61429	2018	1	15	25.37	18.91	7.28	1.8	73.91
-6.78069	-79.61429	2018	1	16	27.14	18.62	6.54	2.19	74.05
-6.78069	-79.61429	2018	1	17	27.08	18.48	3.88	2.47	77.12
-6.78069	-79.61429	2018	1	18	26.4	19.05	5.12	2.12	78.18
-6.78069	-79.61429	2018	1	19	27.21	18.74	4.51	1.98	76.09
-6.78069	-79.61429	2018	1	20	27.25	19.02	4.96	2.13	76.51
-6.78069	-79.61429	2018	1	21	27.48	18.85	5.31	2.38	74.12
-6.78069	-79.61429	2018	1	22	28.07	18.61	5.26	2.34	73.41
-6.78069	-79.61429	2018	1	23	28.1	19.22	5.63	2.15	75.8
-6.78069	-79.61429	2018	1	24	28.48	19.46	7.28	2.42	73.98
-6.78069	-79.61429	2018	1	25	28.37	19.42	6.93	2.39	73.27
-6.78069	-79.61429	2018	1	26	27.97	19.7	6.15	2.44	74.41
-6.78069	-79.61429	2018	1	27	28.12	19.67	6.36	2.85	75.04
-6.78069	-79.61429	2018	1	28	28.34	19.31	6.11	2.5	74.18
-6.78069	-79.61429	2018	1	29	28.22	19.51	5.84	2.51	72.42
-6.78069	-79.61429	2018	1	30	27.6	19.83	5.22	2.41	72.69
-6.78069	-79.61429	2018	1	31	27.89	19.55	6.86	2.45	73.85
PROMEDIO MENSUAL					27.03	18.88	5.68	2.21	75.38
-6.78069	-79.61429	2018	2	1	28.06	19.83	5.9	2.34	74.01
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 17/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2018	2	2	28.19	19.41	5.45	2.31	72.29
-6.78069	-79.61429	2018	2	3	28.14	20.11	4.32	2.17	71.23
-6.78069	-79.61429	2018	2	4	27.87	19.33	3.47	2.36	70.22
-6.78069	-79.61429	2018	2	5	26.9	19.26	6.41	2.29	70.25
-6.78069	-79.61429	2018	2	6	26.77	19.37	3.75	2	73.53
-6.78069	-79.61429	2018	2	7	27.04	19.4	3.55	2.02	74.58
-6.78069	-79.61429	2018	2	8	26.07	19.08	0	1.98	78.12
-6.78069	-79.61429	2018	2	9	26.53	19.27	4.91	2.02	76.49
-6.78069	-79.61429	2018	2	10	26.61	19.49	4.27	1.95	78.4
-6.78069	-79.61429	2018	2	11	28.62	19.83	5.68	2.14	73.43
-6.78069	-79.61429	2018	2	12	27.24	19.71	4.25	2.3	77.31
-6.78069	-79.61429	2018	2	13	27.68	19.52	5.03	2.72	75.93
-6.78069	-79.61429	2018	2	14	28.57	19.82	5.22	2.4	75.03
-6.78069	-79.61429	2018	2	15	28.24	20.11	3.93	2.02	77.05
-6.78069	-79.61429	2018	2	16	27.91	19.85	4.7	2.38	75.69
-6.78069	-79.61429	2018	2	17	28.69	19.99	3.65	2.72	74.95
-6.78069	-79.61429	2018	2	18	26.36	20.61	3.23	2.23	81.73
-6.78069	-79.61429	2018	2	19	27.86	20.35	3.9	1.89	75.35
-6.78069	-79.61429	2018	2	20	28.98	20.11	6.37	2.14	70.59
-6.78069	-79.61429	2018	2	21	28.66	20.01	5.97	2.21	72.15
-6.78069	-79.61429	2018	2	22	27.95	19.68	6.05	2.22	73.42
-6.78069	-79.61429	2018	2	23	28.55	20.03	6.12	2.21	72.06
-6.78069	-79.61429	2018	2	24	28.44	19.91	6.89	2.06	70.56
-6.78069	-79.61429	2018	2	25	28.44	19.35	6.58	2.34	69
-6.78069	-79.61429	2018	2	26	27.92	19.55	4.77	1.99	67.77
-6.78069	-79.61429	2018	2	27	27.97	19.64	3.67	2.45	66.51
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 18/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2018	2	28	28.63	19.68	5.57	2.43	66.87
PROMEDIO MENSUAL					27.82	19.73	4.77	2.22	73.38
-6.78069	-79.61429	2018	3	1	28.14	19.69	6.06	2.21	70.88
-6.78069	-79.61429	2018	3	2	28.48	19.79	4.82	2.25	73.5
-6.78069	-79.61429	2018	3	3	28.66	19.52	4.22	2.42	71.57
-6.78069	-79.61429	2018	3	4	27.74	19.41	4.66	2.19	72.56
-6.78069	-79.61429	2018	3	5	26.35	19.68	4.89	1.95	73.04
-6.78069	-79.61429	2018	3	6	28.48	19.51	3.96	2.04	69.69
-6.78069	-79.61429	2018	3	7	29.65	19.52	6.39	2.37	67.42
-6.78069	-79.61429	2018	3	8	28.87	19.39	6.29	2.31	68.05
-6.78069	-79.61429	2018	3	9	28.73	19.19	6.25	2.04	69.55
-6.78069	-79.61429	2018	3	10	29.47	19.57	6.68	2.4	70.06
-6.78069	-79.61429	2018	3	11	28.45	19.5	4.88	2.46	71.82
-6.78069	-79.61429	2018	3	12	28.82	19.71	5.31	2.6	71.51
-6.78069	-79.61429	2018	3	13	29.14	19.94	6.3	2.38	70.02
-6.78069	-79.61429	2018	3	14	29.12	20.19	6.36	2.28	68.71
-6.78069	-79.61429	2018	3	15	28.44	20.06	0	2.25	69.89
-6.78069	-79.61429	2018	3	16	28.15	20.09	4.25	2.32	71.12
-6.78069	-79.61429	2018	3	17	28.16	19.98	3.37	2.27	72.23
-6.78069	-79.61429	2018	3	18	27.94	20.18	4.11	1.87	73.01
-6.78069	-79.61429	2018	3	19	27.04	20.27	4.13	1.79	76.88
-6.78069	-79.61429	2018	3	20	27.5	19.94	6.34	2.13	75.28
-6.78069	-79.61429	2018	3	21	28	19.52	5.37	2.67	74.8
-6.78069	-79.61429	2018	3	22	28.26	19.51	5.6	2.23	72.35
-6.78069	-79.61429	2018	3	23	26.01	19.62	3.54	1.64	76.86
-6.78069	-79.61429	2018	3	24	28.59	19.61	5.19	2.07	69.42
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 19/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2018	3	25	27.59	19.77	6.31	2.46	72.72
-6.78069	-79.61429	2018	3	26	27.52	19.63	4.38	2.39	75.77
-6.78069	-79.61429	2018	3	27	26.37	19.47	5.04	2.03	77.56
-6.78069	-79.61429	2018	3	28	26.97	19.64	4.4	2.24	76.33
-6.78069	-79.61429	2018	3	29	27.32	19.81	4.68	2.07	75.54
-6.78069	-79.61429	2018	3	30	26.13	19.49	4.28	2.06	79.06
-6.78069	-79.61429	2018	3	31	26.11	19.31	5.18	1.92	78.47
PROMEDIO MENSUAL					27.94	19.69	4.94	2.20	72.76
-6.78069	-79.61429	2018	4	1	27.67	19.31	4.68	2.04	73.05
-6.78069	-79.61429	2018	4	2	26.52	19.46	3.26	1.99	71.73
-6.78069	-79.61429	2018	4	3	26.73	19.97	5.12	1.95	73.62
-6.78069	-79.61429	2018	4	4	27.07	19.78	5.24	2.19	74.87
-6.78069	-79.61429	2018	4	5	29.13	19.5	5.43	2.09	70.03
-6.78069	-79.61429	2018	4	6	27.81	18.99	5.91	2	69.85
-6.78069	-79.61429	2018	4	7	27.95	19.18	5.18	1.81	74.15
-6.78069	-79.61429	2018	4	8	25.91	19.18	3.72	1.62	77.64
-6.78069	-79.61429	2018	4	9	23.53	19.42	5.21	1.7	83.59
-6.78069	-79.61429	2018	4	10	26.18	19.44	6.21	1.74	78.76
-6.78069	-79.61429	2018	4	11	27.06	18.71	6.16	2.14	78.25
-6.78069	-79.61429	2018	4	12	27.11	18.83	6.03	2.18	75.06
-6.78069	-79.61429	2018	4	13	25.84	19.5	4.46	1.91	78.21
-6.78069	-79.61429	2018	4	14	27.08	19.3	6.47	1.98	74.62
-6.78069	-79.61429	2018	4	15	28.23	18.6	6.51	2.32	73.19
-6.78069	-79.61429	2018	4	16	26.86	19.04	6.02	2.33	75.12
-6.78069	-79.61429	2018	4	17	27.67	17.94	6.4	2.39	72.04
-6.78069	-79.61429	2018	4	18	28.15	18.18	6.76	2.39	71.38
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 20/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2018	4	19	28.28	18.07	6.27	2.54	71.84
-6.78069	-79.61429	2018	4	20	28.54	18.58	6.58	2.46	69.97
-6.78069	-79.61429	2018	4	21	27.72	19.23	6.45	2.4	72.19
-6.78069	-79.61429	2018	4	22	27.94	19.38	6	2.4	71.88
-6.78069	-79.61429	2018	4	23	28.4	19.28	4.2	2.41	71.52
-6.78069	-79.61429	2018	4	24	27.14	19.86	6.06	2.66	76.56
-6.78069	-79.61429	2018	4	25	27.89	19.4	5.18	2.28	75.42
-6.78069	-79.61429	2018	4	26	27.77	19.24	5.14	2.67	73.98
-6.78069	-79.61429	2018	4	27	28.61	18.9	5.98	2.61	72.35
-6.78069	-79.61429	2018	4	28	26.27	19.72	3.81	1.85	75.4
-6.78069	-79.61429	2018	4	29	27.29	19.51	4.5	2.59	74.06
-6.78069	-79.61429	2018	4	30	27.81	19.21	6.02	2.69	72
PROMEDIO MENSUAL					27.34	19.16	5.50	2.21	74.08
-6.78069	-79.61429	2018	5	1	27.64	18.75	4.9	2.69	72.44
-6.78069	-79.61429	2018	5	2	27.02	18.41	4.9	2.88	72.75
-6.78069	-79.61429	2018	5	3	27.29	18.17	5.55	2.83	71.76
-6.78069	-79.61429	2018	5	4	26.46	18.09	5.01	2.47	72.26
-6.78069	-79.61429	2018	5	5	26.42	18.51	6.03	2.41	73.69
-6.78069	-79.61429	2018	5	6	26.76	18.52	4.67	2.59	74.83
-6.78069	-79.61429	2018	5	7	26.72	18.92	4.76	2.48	74.64
-6.78069	-79.61429	2018	5	8	25.51	18.32	3.88	2.34	78.35
-6.78069	-79.61429	2018	5	9	25.97	18.36	4.72	1.99	75.35
-6.78069	-79.61429	2018	5	10	25.51	18.48	5.68	2.53	74.88
-6.78069	-79.61429	2018	5	11	25.99	18.46	4.63	2.32	77.95
-6.78069	-79.61429	2018	5	12	26.1	17.92	4.9	2.69	76.96
-6.78069	-79.61429	2018	5	13	23.73	18.2	3.42	2.02	82.13
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 21/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2018	5	14	26.48	17.88	3.58	2.31	75.35
-6.78069	-79.61429	2018	5	15	26.38	17.8	4.85	2.42	74.2
-6.78069	-79.61429	2018	5	16	26.15	18.03	5.35	2.79	75.35
-6.78069	-79.61429	2018	5	17	25.45	18.17	5.1	3.05	77.97
-6.78069	-79.61429	2018	5	18	24.08	18.3	4.87	2.9	80.13
-6.78069	-79.61429	2018	5	19	25.87	17.95	5.24	2.8	76.57
-6.78069	-79.61429	2018	5	20	25.82	17.66	4.71	2.92	75.94
-6.78069	-79.61429	2018	5	21	26.51	17.81	4.68	2.92	75.52
-6.78069	-79.61429	2018	5	22	26.34	17.91	5.6	2.69	73.87
-6.78069	-79.61429	2018	5	23	26.21	18.16	4.93	2.55	74.28
-6.78069	-79.61429	2018	5	24	26.9	17.77	5.87	2.76	72.64
-6.78069	-79.61429	2018	5	25	26.21	17.43	5.47	2.88	75.03
-6.78069	-79.61429	2018	5	26	25.98	17.52	5.41	3.06	76.15
-6.78069	-79.61429	2018	5	27	26.33	17.22	5.97	2.87	72.08
-6.78069	-79.61429	2018	5	28	25.77	17.33	5.36	2.82	74.24
-6.78069	-79.61429	2018	5	29	26.11	17.99	5.19	3.1	74.22
-6.78069	-79.61429	2018	5	30	26.42	17.77	4.77	3.13	72.78
-6.78069	-79.61429	2018	5	31	25.68	17.74	5	2.95	81.02
PROMEDIO MENSUAL					26.12	18.05	5.00	2.68	75.33
-6.78069	-79.61429	2018	6	1	24.53	17.21	5.39	2.7	80.94
-6.78069	-79.61429	2018	6	2	23.75	16.93	4.86	2.77	81.47
-6.78069	-79.61429	2018	6	3	24.9	16.8	4.55	2.96	79.14
-6.78069	-79.61429	2018	6	4	22.82	17.09	4.84	3.17	83.15
-6.78069	-79.61429	2018	6	5	25.39	16.73	5.06	2.99	79.39
-6.78069	-79.61429	2018	6	6	24.76	16.03	4.99	2.72	80.14
-6.78069	-79.61429	2018	6	7	25.55	16.12	5.73	2.01	76.72
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 22/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2018	6	8	25.35	16.64	5.74	2.24	78.51
-6.78069	-79.61429	2018	6	9	24.48	16.83	4.71	2.32	82.33
-6.78069	-79.61429	2018	6	10	24.02	17.18	5.69	2.64	81.67
-6.78069	-79.61429	2018	6	11	23.36	17.23	4.3	3.11	83.71
-6.78069	-79.61429	2018	6	12	24.45	17	4.2	3.1	81.14
-6.78069	-79.61429	2018	6	13	25.1	16.28	5.62	2.98	77.87
-6.78069	-79.61429	2018	6	14	24.67	16.14	4.27	3.08	76.96
-6.78069	-79.61429	2018	6	15	23.61	15.99	3.58	2.93	80.79
-6.78069	-79.61429	2018	6	16	24.73	16.38	4.26	3.04	78.48
-6.78069	-79.61429	2018	6	17	25.44	16.36	5.23	2.63	78.21
-6.78069	-79.61429	2018	6	18	25.19	16.3	4.64	2.29	76.08
-6.78069	-79.61429	2018	6	19	25.61	15.99	5.73	2.56	72.28
-6.78069	-79.61429	2018	6	20	24.02	15.53	4.75	2.35	79.73
-6.78069	-79.61429	2018	6	21	24.42	15.11	4.72	2.51	76.67
-6.78069	-79.61429	2018	6	22	24.7	14.49	3.76	2.53	77.07
-6.78069	-79.61429	2018	6	23	23.96	15.35	3.39	2.82	79.24
-6.78069	-79.61429	2018	6	24	24.37	15.69	4.23	2.77	79.83
-6.78069	-79.61429	2018	6	25	23.95	16.46	4.01	3.02	79.28
-6.78069	-79.61429	2018	6	26	24.75	16.16	5.54	3.01	76.84
-6.78069	-79.61429	2018	6	27	24.52	15.33	5.76	2.61	77.71
-6.78069	-79.61429	2018	6	28	23.67	15.3	5.81	2.86	79.15
-6.78069	-79.61429	2018	6	29	23.15	14.92	4.36	2.34	80.69
-6.78069	-79.61429	2018	6	30	24.26	15.9	5.38	2.59	77.16
PROMEDIO MENSUAL					24.45	16.18	4.84	2.72	79.08
-6.78069	-79.61429	2018	7	1	23.65	15.6	4.9	2.53	79.48
-6.78069	-79.61429	2018	7	2	24.45	15.85	4.69	2.48	77.66
								CONTINÚA PAG.SIGUIENTE	

									Cuadro: 23/23
LATITUD	LONGITUD	AÑO	MES	DIA	TEMP. MAX	TEMP.MIN	RADIACIÓN SOLAR	VEL.VIENTO	HUM.RELATIVA
-6.78069	-79.61429	2018	7	3	25.08	15.65	5.34	2.73	75.67
-6.78069	-79.61429	2018	7	4	24.19	15.92	5.21	2.94	78.37
-6.78069	-79.61429	2018	7	5	25	16.65	5.05	2.73	75.46
-6.78069	-79.61429	2018	7	6	25.24	16.35	4.61	2.77	75.63
-6.78069	-79.61429	2018	7	7	24.64	15.9	4.65	2.59	77.77
PROMEDIO MENSUAL					24.65	16.00	4.86	2.73	76.90

ANEXO 2.- DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO DE AGUA POR ACTIVIDADES

AGUA PARA CONSUMO HUMANO (m ³ /día)		
SERVICIOS	PERSONAS EN EL PREDIO (CANTIDAD/DÍA)	
	DUEÑO (1)	TRABAJADORES (5)
HIDRATACIÓN	0.008	0.05
ASEO PERSONAL	0.2	0.3
COCINA	0.3	0
SERVICIOS HIGIÉNICOS	0.1	0.4
TOTAL PARCIAL	0.608	0.75
TOTAL	1.358	

Para consumo humano se tendrá una demanda hídrica de 1.358 m³/día, considerando el total de personas presentes en el predio, pero para casos especiales en que se presenten personas ya sea por motivos de visita o cualquier otra actividad se manejar una demanda hídrica final de 1.5 m³/día.

AGUA PARA CONSUMO ANIMAL			
TIPO DE ANIMALES	CANTIDAD	LITROS UNITARIOS	LITROS TOTALES
CABALLO	06	50	300
BURRO	04	50	200
CABRA	06	40	240
VACA	05	90	450
CERDO	06	20	120
OVEJA	10	15	150
CUYES	33	5	165
AVES DE CORRAL	40-50	3	150
TOTAL DE LITROS			1775

En total se necesitará 1775 litros por día para satisfacer las necesidades de consumo animal, lo que equivale a 1.775 m³/día. Pero para el presente caso se tendrá en cuenta el aumento mensual por compra de nuevos animales o por aumento de reproducción de los mismos por lo cual el caudal final a considerar será 2 m³/día. Cabe resaltar que existe un 0 a 0.1% de muerte de animales mensual por factores ya sea naturales de los mismos animales o factores del medio ambiente.

AGUA NECESARIA PARA RIEGO		
ALIMENTOS	TERRENO CULTIVADO (m²)	LITROS
PAPA	50	400
YUCA	50	400
CAMOTE	50	400
PALTA	30	200
LIMÓN	25	150
NONI	40	250
ALFALFA	70	500
CEBOLLA	80	300
FRUTAS	120	700
TOTAL LITROS		3300

Para riego tenemos una demanda de 3300 litros diarios y semanales dependiendo del tipo de producto a regar, esto equivale a 3.3 m³/día. Para nuestro caso para efectos de crecimiento del terreno de siembra y aumento de cultivo se considerará un caudal de 3.5 m³/día.

Sumando las tres necesidades hídricas tenemos un total de 7 m³/día, lo cual es suficiente ya que el pozo ubicado en el predio cuenta con una caudal aproximado de 13 a 15 m³/día abasteciendo de agua durante 5 horas.

ANEXO 3.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PANEL SOLAR



Panel solar monocristalino RED165-36M con 60 células de alto rendimiento

- Alta eficiencia, triple busbar
- Apariencia en negro "full black"
- Calidad de fabricación y certificación

La gama de paneles solares más completa en calidad, tecnologías y rendimiento

La gama de paneles solares de RED SOLAR de tecnología monocristalina y policristalina cuentan con una alta eficiencia y calidad de fabricación.

Seguimos aumentando la eficiencia

La tecnología de fabricación de RED SOLAR vuelve a superarse y consigue una eficiencia de hasta el 19,75% de célula (según modelo) superando la eficiencia de la gama anterior, y su triple busbar reduce las pérdidas de potencia.

Paneles con clase, apariencia "full black"

Tanto las células como el marco y la hoja tedlar por ambas caras de los paneles son de color negro, dándole una presencia visual ideal en instalaciones, integraciones y todo tipo de proyectos.

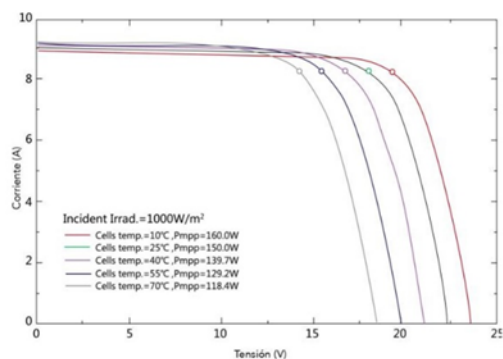
Características destacadas

- Células solares de alta eficiencia con cristal texturizado.
- Diodo de bypass para minimizar las pérdidas por sombras.
- Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio anodizado en negro.
- Cumple las certificaciones internacionales (CE, TÜV) y está incluido en el programa PV Cycle.

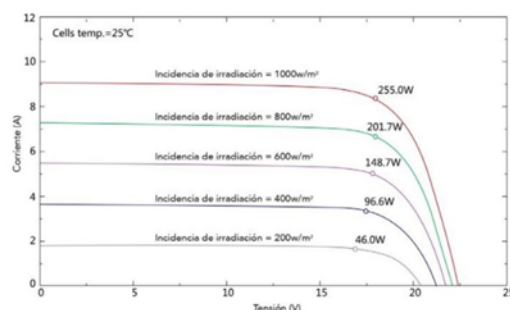
Garantías

- 10 años por defecto de fabricación
- 10 años el 90% de la salida de potencia mínima garantizada
- 25 años el 80% de la salida de potencia mínima garantizada





Curvas I-V a diferentes temperaturas



Curvas I-V a diferentes irradiaciones

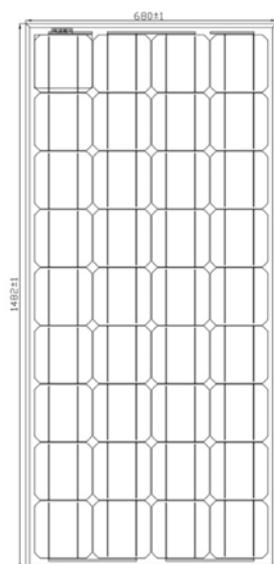
Especificaciones

Modelo	TAI 250 Wp
Potencia máxima (Pmax)	250W
Tensión de potencia máx. (Vmp)	30V
Tensión de corriente máx. (Imp)	8,33A
Tensión de circuito abierto (Voc)	36,40V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,03A
Eficiencia de célula (%)	19.75%
Máxima tensión del sistema (V)	DC 1000V
Coef. de temp Isc (%/°C)	0,037%/°C
Coef. de temp Voc (%/°C)	-0,34%/°C
Coef. de temp Pmax (%/°C)	-0,48%/°C
Temperatura nominal de funcionamiento de célula	45±2°C
Tolerancia	±3%
Tipo de célula (mm)	Policristalino (156mmx156mm)
Nº de células	60
Tipo de conectores	MC4
Peso (kg)	12
Dimensiones (mm)	1482x680x35

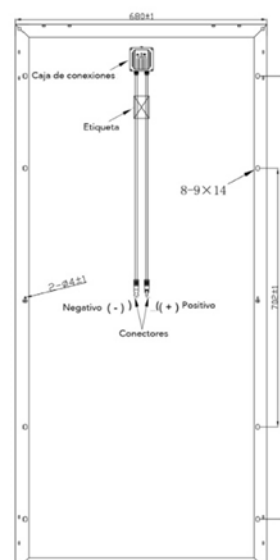
Ficha técnica testeada según STC, STC:AM 1.5,1000W/m2,



25°C.



35±1



ANEXO 4.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BOMBA Y REGULADOR

LORENTZ

PS2-150 BOOST-330

Sistema de bombeo solar en superficie

Gama de sistemas

Altura	max. 30 m
Flujo	max. 1.6 m ³ /h

Datos técnicos

Controlador PS2-150

- Controlar y supervisar
- Entradas de control para protección contra operación en seco, control remoto, etc.
- Protegido contra polaridad reversa, sobre carga y temperatura excesiva
- MPPT (Maximum Power Point Tracking) integrado
- Funcionamiento con batería: protección integrada contra descarga total

Potencia	max. 0.15 kW
Voltaje de entrada	max. 50 V
Óptimo Vmp"	> 17 V
Corriente motor	max. 22 A
Eficiencia	max. 98 %
Temp. del ambiente	-40...50 °C
Modo de protección	IP68

Motor ECDRIVE 150-BOOST

- Motor CD sin escobillas - libre de mantenimiento
- Materiales Premium: acero inoxidable: AL/AISI304
- Sin elementos electrónicos en el motor

Potencia nominal	0.12 kW
Eficiencia	max. 92 %
Revoluciones motor	280...1.750 rpm
Clase de aislamiento	F
Modo de protección	IPX4

Cabeza de bomba PE BOOST-330

- Materiales Premium: brass
- Opcional: protección contra operación en seco
- Bomba centrífuga

Eficiencia	max. 62 %
------------	-----------



Unidad de bomba PU BOOST-330 (Motor. Cabeza de bomba)

Temperatura del agua	max. 80 °C
Altura de succión	max. 8 m

Normas



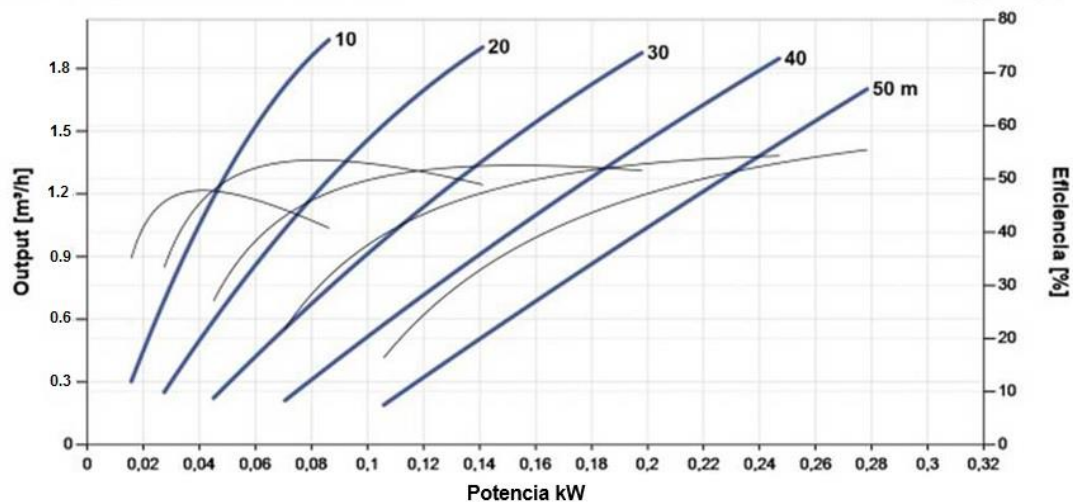
2006/42/EC. 2004/108/EC. 2006/95/EC

IEC/EN 61702:1995

El logo refleja la aprobación que ha sido garantizada para este producto familiar. Los productos son ordenados con la aprobaciones específicas que el mercado requiera. *Vmp: Voltaje máximo de carga bajo STC

Plantilla de datos de la bomba

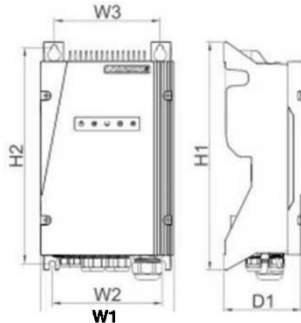
Vmp* > 17 V



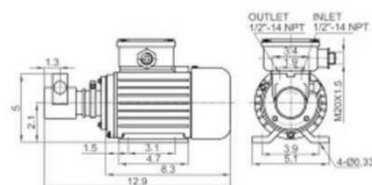
Dimensiones y pesos

Controlador

H1 = 14 in
H2 = 13 in
W1 = 8.1 in
W2 = 6.7 in
W3 = 6.5 in
D1 = 4.9 in



Unidad de bomba [in]



	Peso neto
Controlador	5.6 kg
Unidad de bomba	7.5 kg
Motor	5.5 kg
Cabeza de bomba	2.0 kg

*Vmp: Voltaje máximo de carga bajo STC

BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG
Siebenstruck 24-24558 Hensbeldt-Utzburg
Germany, Tel +49 (0)4193 8805-700, www.lorentz.de

Creado por LORENTZ COMPASS 3.1.0.105

Todas las especificaciones e información están dadas con buenas intenciones. Los errores son posibles y los productos pueden estar sujetos a cambios sin ninguna notificación. Las fotografías pueden diferenciarse de los productos actuales dependiendo de los requerimientos y regularizaciones del mercado local.

Sun. Water. Lift

ANEXO 5.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BATERÍA



8D-AGM DATA SHEET

MODEL: 8D-AGM
VOLTAGE: 12
DIMENSIONS: Inches (mm)
BATTERY: VRLA AGM
COLOR: Black (case/cover)
MATERIAL: ABS
WATERING SYSTEM: N/A



PRODUCT SPECIFICATIONS

BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY ^A Minutes	CRANKING Performance		CAPACITY ^B Amp-Hours (AH)				ENERGY (kWh)	TERMINAL Type ^G	DIMENSIONS ^C Inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
		@25 Amps	C.C.A. ^D @0°F	C.A. ^E @32°F	5-Hr Rate	10-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate	100-Hr Rate		Length	Width	Height ^F	
12 VOLT DUAL PURPOSE AGM BATTERY														
8D	8D-AGM	460	1450	1850	179	210	230	254	3.05	6	20.47 (520)	10.64 (270)	9.08 (231)	161 (73)

- A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
B. The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) for the 20-Hour rate and 86°F (30°C) for the 5-Hour rate and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
C. Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal. Batteries to be mounted with .5 inches (12.7 mm) spacing minimum.
D. C.C.A. (Cold Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 0°F at a voltage above 1.2 V/cell.

- E. C.A. (Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 32°F at a voltage above 1.2 V/cell. This is sometimes referred to as marine cranking amps @ 32°F or M.C.A. @ 32°F.
F. Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
G. Terminal images are representative only.
Trojan's battery testing procedures adhere to both BCI and IEC test standards.

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
System Voltage	12V	24V	36V	48V
Daily Charge	14.1 – 14.7	28.2 – 29.4	42.3 – 44.1	56.4 – 58.8
Float	13.5	27	40.5	54

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

TERMINAL CONFIGURATIONS

6	DT	Automotive Post & Stud Terminal	
	Terminal Height Inches (mm)	.79 (20)	
	Torque Values in-lb (Nm)	Stud: 95 – 105 (11 – 12) AP: 50 – 70 (6 – 8)	
	Bolt Size	5/16"	

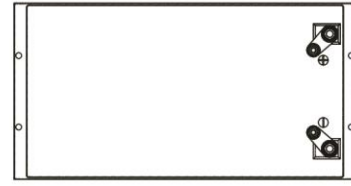
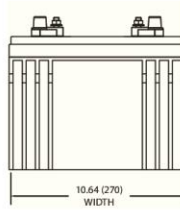
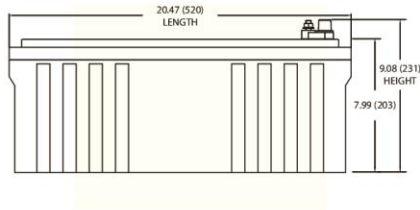
CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

028 VPC for every 10°F (5.55°C) above or below 77°F (25°C)
add .028 VPC for every 10°F (5.55°C) below 77°F and subtract .028 VPC for every 10°C above 77°F

OPERATIONAL DATA

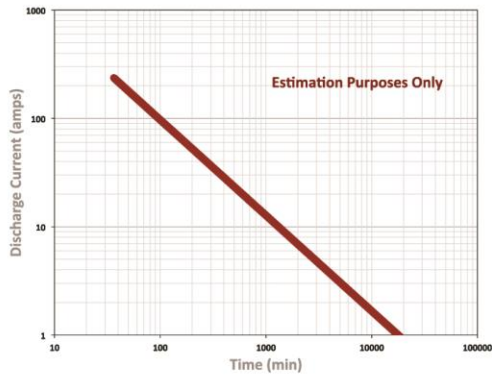
Operating Temperature	Self Discharge
-4°F to 131°F (-20°C to +55°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	Less than 3% per month depending on storage temperature conditions.

BATTERY DIMENSIONS (shown with DT)

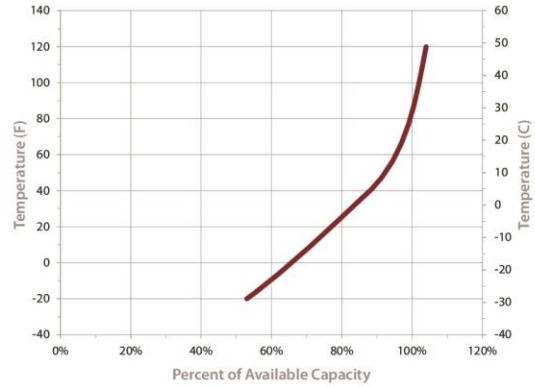


8D-AGM DATA SHEET

TROJAN 8D-AGM PERFORMANCE



PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



Trojan's battery testing procedures adhere to BCI-05 (Rev Oct 09) and IEC 61427 test standards.



Trojan batteries are available worldwide through Trojan's Master Distributor Network. We offer outstanding technical support, provided by full-time application engineers.

For a Trojan Master Distributor near you, call 800.423.6569 or + 1.562.236.3000 or visit www.trojanbattery.com

12380 Clark Street, Santa Fe Springs, CA 90670 • USA

© 2015 Trojan Battery Company. All rights reserved. Trojan Battery Company is not liable for damages that may result from any information provided in or omitted from this publication, under any circumstances. Trojan Battery Company reserves the right to make adjustments to this publication at any time, without notices or obligation. Please check the Trojan Battery website (www.trojanbattery.com) for the most up-to-date information.

TROJAN 8D-AGM DS 0105 0518

ANEXO 6.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES

TW-80 mm² 450/750 V menor o igual a 10 mm²

Contacto

Ventas Local
ventas.peru@nexans.com
exportaciones.peru@nexans.com

Aplicación general en instalaciones fijas, resistente a la humedad y al calor.

DESCRIPCIÓN

Aplicación:

En instalaciones fijas, en edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo. Generalmente se instalan en tubos.

Construcción:

1. Conductor: Cobre blando, clase 1 ó 2.
2. Aislamiento: Compuesto de PVC en doble capa.

Principales características:

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, grasas, aceite y al calor hasta la temperatura de servicio. No propaga la llama VW-1.

Sección:

Desde 1,5 mm² hasta 10 mm².

Marcación:

INDECO S.A. TW-80 - Sección - 450/750 V - RESISTENTE AL ACEITE II NO PROPAGA LA LLAMA VW-1 HECHO EN PERU - Año - Metrado secuencial.

Embalaje:

Desde 1,5 mm² hasta 6 mm² en rollos de 100 metros.

Cables de 10 mm² en carretes de madera no retornables.

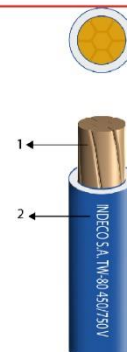
Color:

A solicitud del cliente.

Normas nacionales

NTP-IEC 60228: Conductores para cables aislados.

NTP 370.252: Cables aislados con compuesto termoplástico y termoestable para tensiones hasta e inclusive 450/750 V.



NORMA

Internacional IEC 60227-1;
IEC 60227-2; IEC 60227-3;
IEC 60228; IEC 60332-1-2;
IEC 60811-401; IEC 60811-402;
IEC 60811-501; IEC 60811-504;
IEC 60811-505; IEC 60811-506;
IEC 60811-508; IEC 60811-509

Nacional NTP 370.252; NTP-
IEC 60228; UL 2556



Libre de plomo
SI



Tensión nominal de servicio Uo/U
450 / 750 V



No propagación de la llama
UL VW1



Resistencia a aceites
Resistencia al aceite II



Temperatura máxima operación
80 °C

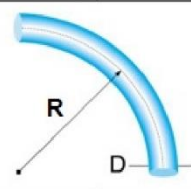
Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.
Versión 1.3 Generado 11/09/18 www.nexans.pe Página 1 / 5

INDECO
empresa Nexans

TW-80 mm² 450/750 V menor o igual a 10 mm²

Contacto
Ventas Local
ventas.peru@nexans.com
exportaciones.peru@nexans.com

Sin armadura	Espesor del aislamiento (mm)	Diámetro externo del cable		
		< 25.4 mm	25.4 mm ≤ D ≤ 50.8 mm	> 50.8 mm
	De 0 a 4.31	4	5	6
	Mayor o igual a 4.32	5	6	7
Cables con armadura de cintas lisas o alambres				
				12



CONDICIONES DE CÁLCULO DE CORRIENTE B.T.: 80°C

CONDICIONES DE CALCULO DE CORRIENTE

Temperatura máxima del conductor : 80°C.
Temperatura ambiente : 30°C.



Libre de plomo
Si



Tensión nominal de servicio Uo/U
450 / 750 V



No propagación de la llama
UL VW1



Resistencia a aceites
Resistencia al aceite II



Temperatura máxima operación
80 °C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.
Versión 1.3 Generado 11/09/18 www.nexans.pe Página 5 / 5

INDECO
empresa Nexans

FV600/2S

Protector contra sobretensiones

Transitorias

Sistemas
fotovoltaicos



vigivolt

manual de usuario

Descripción

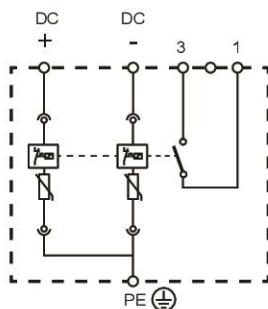
Esta serie de protectores para sistemas fotovoltaicos han sido desarrollados para proteger contra descargas y sobretensiones producidas por impactos de rayos en la parte de continua en dichos sistemas.

La protección consiste en dos etapas de varistores equipados con desconectores térmicos que indican a través de una ventanilla el fallo del elemento.

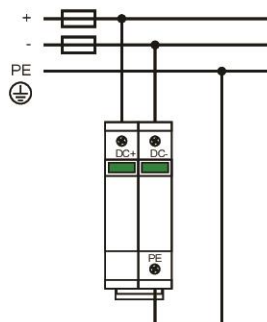
Posee una salida remota (contacto de indicación).



Diagrama



Conexión



IMPORTANTE

Desconecte la corriente y trabaje con las herramientas adecuadas.

ESTE EQUIPO DEBE SER INSTALADO POR PROFESIONAL CUALIFICADO

Advertencias

- Una vez instalado el equipo sobre el RAIL DIN, las partes con tensión deben quedar cubiertas, de modo que no sean accesibles.
- Si el equipo se usa fuera de lo especificado por el fabricante, la seguridad puede quedar comprometida.
- El interior del equipo sólo debe ser manipulado por personal de nuestro servicio técnico.

Ed1

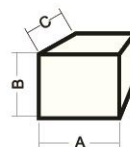
Funcionamiento


En el caso de que se produzca una sobretensión transitoria, el equipo, la absorbe, evitando así que produzca cualquier daño en los dispositivos conectados a la red.

Si a causa de una sobretensión, la protección quedara inoperativa, el equipo mostrará la ventana de aviso en color rojo. En tal caso, el módulo protector habrá quedado inutilizado, debiendo ser sustituido por otro (enchufable: fácil reposición).

Especificaciones

Tensión nominal (Unpv)	600 V=
Tensión máxima DC+/DC- (Ucpv)	720 V=
Corriente nominal de descarga 8/20 (In)	20 kA
Corriente máxima de descarga (Imax)	40 kA
Nivel de protección (Up)	≤2,8 kV
Tiempo de respuesta (ta)	≤25 nS
Fusible previo máx.	160 A gL/gG
Temperatura de servicio	-40 a +80 °C
Grado de protección	IP20
Dimensiones (A x B x C)	36 x 90 x 67 mm
Indicación de avería	Ventana
Sección máxima de conexionado	35 mm ² (remoto: 1,5 mm ²)
Indicación remota (contacto)	250 V~ / 0,5 A 30 V= / 1 A



 Internacional	IEC 50539-11
Francia	NF 50539-11
Europa	EN 50539-11



Toscano Línea Electrónica, S.L.
Av. A-92, Km. 6,5 - Alcalá de Guadaira - SEVILLA - SPAIN - (+34) 954 999 900 - www.toscano.es - info@toscano.es

toscano
electronics for the environment

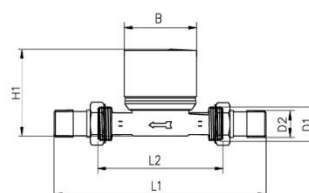
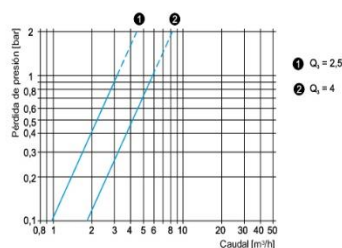
ANEXO 7.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONTADOR DE AGUA

ETKD-L

Contador de chorro único, esfera seca para agua fría con cuerpo plástico

El innovador ETKD-L está equipado igualmente con la nueva relojería D. La carcasa del ETKD-L está fabricada con un plástico de polímeros tan ligero como estable.

El resultado es un contador de chorro único con un peso extremadamente bajo y una máxima estabilidad y resistencia. Además, el ETKD-L es resistente a la corrosión y está libre de metales pesados. De este modo, el ETKD-L garantiza una calidad óptima del agua potable.



Datos técnicos		ETKD/ETWD				ETKD R160		ETKD-L	
Caudal permanente	Q ₃	m³/h	2,5			4	2,5	2,5	4
Comparable con caudal nominal (EWG)	Q _n	m³/h	1,5			2,5	1,5	1,5	2,5
Longitud contador sin racores	L2	mm	80	110	130	130	110	110	130
Longitud contador con racores	L1	mm	160	190	226	226	190	190	226
Rosca en el contador G x B	D1	pulgada	¾	¾	1	1	¾	¾	1
Rosca racor R x	D2	pulgada	½	½	¾	¾	½	½	¾
Diámetro nominal	DN	mm	15	15	20	20	15	15	20
	DN	pulgada	½	½	¾	¾	½	½	¾
Ratio	Q ₃ /Q ₁	R	40H/40V		80H/40V		160H/80V		80H/40V
Comparable con clase metrológica (EWG)	clase		A*H/A*V		B*H/A*V		C*H/B*V		C*H/B*V
Caudal máximo	Q ₄	m³/h	3,125			5	3,125	3,125	5
Caudal mínimo	Q ₁	l/h	62,5	31	50		16	31	50
Caudal de arranque		l/h	10		14		7,5	10	14
Temperatura máxima		°C	30/90				50		30
Presión de servicio	PN	bar	16				16		16
Pérdida de carga en	Q ₄	bar	<1				<1		<1
Anchura	B	mm	66				81		75
Altura	H1	mm	77		80		88	79	82
Peso		kg	0,42	0,44	0,52	0,52	0,58	0,23	0,31

ANEXO 8.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MANÓMETRO

MANÓMETRO DIGITAL ALTA PRECISIÓN ECO 1 CON VALOR MÁXIMO-MÍNIMO / PRECISIÓN 0,5%



El **ECO 1** es un manómetro digital compacto basado en el micro-procesador OKI. Tiene una precisión media, pero una resolución y repetibilidad altas.

La presión se mide dos veces por segundo y es visualizada en el display digital. El valor superior del display indica la presión actual, mientras que el valor inferior indica la medición máxima o mínima desde el último RESET.

El manómetro digital **ECO 1** dispone de dos teclas. La tecla izquierda se utiliza para encender/apagar (ON/OFF) el instrumento. Una vez puesto en marcha, si se pulsa y se mantiene pulsada, van apareciendo las diferentes funciones en el display. Cuando se suelta, se ejecuta la función que en ese momento aparece en pantalla. La tecla de la izquierda sólo se utiliza para conmutar del valor máximo al mínimo y viceversa.



Funciones del manómetro digital ECO 1:

- RESET** Los valores máximo y mínimo se borran de la memoria y se memoriza el valor actual.
- OFF** Apaga el manómetro.
- ZERO** Ajusta un nuevo cero como presión de referencia. Dado que el ECO1 mide valores absolutos, se utiliza para poner a cero y de esta forma corregir las variaciones de presión atmosférica o bien para efectuar medidas absolutas.
- CONT** El instrumento se apaga automáticamente a los 15 minutos de no pulsar ninguna tecla. Esta función desactiva la función de apagado automático.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Código:	IM 44 201	IM 44 202
Rangos relativos:	-1...30 bar	0...300 bar
Resolución:	10 mbar	100 mbar
Precisión:	0,5% FE tip. (1% FE máx.)	
Temp. almacenaje/operac.:	-30...80 °C /0...-50 °C	
Rango temp. compensado:	0...50 °C	
Alimentación:	pila botón CR2430 (3V)	
Vida de la pila:	1400 horas (utilización continua)	
Conexión de presión:	7/16"-20 UNF (adaptador G1/4" incl.)	
Protección, CEI 529:	IP65	
Dimensiones:	Ø59 x 95 mm (alto) x 32 mm (fondo)	
Peso:	~ 125 grs	
Puede suministrarse una protección de goma para proteger la caja del manómetro		

SWIVEL

Ad. 33396



ECO1 tiene una rosca de 7/16" UNF y se suministra con un adaptador (swivel) a 1/4" Gas-M que permite girar la orientación del display 360° para su correcta instalación.



GUÉMISA (Electrónica Guerra y Miró Guemisa S.L.)
Sta. Virgilia, 29 - local - 28033 Madrid (Spain)
Tlfno.: (034) 91 764 21 00 Fax.: (034) 91 764 21 32
Email.: ventas@guemisa.com Web.: www.guemisa.com

ANEXO 9.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA DE PASO

F333 150# / MATERIALES Y DIMENSIONES

Estándares de fabricación:

Material: Acero Carbono WCB

Diseño y fabricación: API600

Dimensiones cara a cara: ASME B16.10

Bridas: ASME B16.5 RF

Rango de presión de temperatura: ASTM B16.34

Prueba de presión: API 598

MATERIALES		
Nº	Partes	Material
1	Cuerpo	ASTM A216 WCB
2	Asiento	A105 + STL
3	Cuña	ASTM A216 WCB +13 % CR
4	Eje	ASTM A182 F6a
5	Junta	Grafito encamisado con acero inox.
6	Bonete	ASTM A216 WCB
7	Resalto	ASTM A193-B7
8	Tuerca	ASTM A194-2H
9	Asiento interno	ASTM A216
10	Empaquetadura	Grafito
11	Pin	Acero Carbono
12	Tuerca del tornillo	ASTM A193-B7
13	Tuerca del casquillo	ASTM A194-2H
14	Casquillo	ASTM A182 F6a
15	Prensaestopa	ASTM A216 WCB
16	Tuerca del vástago	ZcuA110Fe3 Bronce
17	Lubricador	Cu
18	Tuerca de retención	Acero Carbono
19	Manguito	ASTM A47
20	Contratuerca	Acero Carbono

MEDIDAS							
DN (")	L	D	D1	D2	b	f	z-φ d
15 (1/2")	108	φ 90	φ 60.3	φ 34.9	10	2	4-φ 15.9
20 (3/4")	117	φ 100	φ 69.9	φ 42.9	10.9	2	4-φ 15.9
25 (1")	127	φ 110	φ 79.4	φ 50.8	11.6	2	4-φ 15.9
32 (1 1/4")	140	φ 115	φ 88.9	φ 63.5	13.2	2	4-φ 15.9
40 (1 1/2")	165	φ 125	φ 98.4	φ 73	14.7	2	4-φ 15.9
50 (2")	178	φ 150	φ 120.7	φ 92.1	16.3	2	4-φ 19
65 (2 1/2")	190	φ 180	φ 139.7	φ 104.8	17.9	2	4-φ 19
80 (3")	203	φ 190	φ 152.4	φ 127	19.5	2	4-φ 19
100 (4")	229	φ 230	φ 190.5	φ 157.2	24.3	2	8-φ 19
125 (5")	254	φ 255	φ 215.9	φ 185.7	24.3	2	8-φ 22.2
150 (6")	267	φ 280	φ 241.3	φ 215.9	25.9	2	8-φ 22.2
200 (8")	292	φ 345	φ 298.5	φ 269.9	29	2	8-φ 22.2
250 (10")	330	φ 405	φ 362	φ 323.8	30.6	2	12-φ 25.4
300 (12")	356	φ 485	φ 431.8	φ 381	32.2	2	12-φ 25.4
350 (14")	381	φ 535	φ 476.3	φ 412.8	35.4	2	12-φ 28.6
400 (16")	406	φ 595	φ 539.8	φ 469.9	37	2	16-φ 28.6
450 (18")	432	φ 635	φ 577.9	φ 533.4	40.1	2	16-φ 31.8
500 (20")	457	φ 700	φ 635	φ 584.2	43.3	2	20-φ 31.8
550 (22")	508	φ 815	φ 749.3	φ 692.2	48.1	2	20-φ 34.9
600 (24")	559	φ 870	φ 806	φ 750	69	2	24-φ 35
650 (26")*	610	φ 927	φ 863	φ 800	72	2	28-φ 35
700 (28")*	610	φ 984	φ 914.4	φ 857	75	2	28-φ 352
750 (30")*	660	φ 1060.5	φ 978	φ 914.4	81	2	28-φ 42
900 (36")*	711	φ 1168	φ 1086	φ 1022.4	91	2	32-φ 42

* A partir de 26" el diseño de bridas es el B16.47A. ** A partir de 12" la válvula incorpora un reductor ensamblado.

+34 902 090 582 kin@kinvalves.com www.kinvalves.com

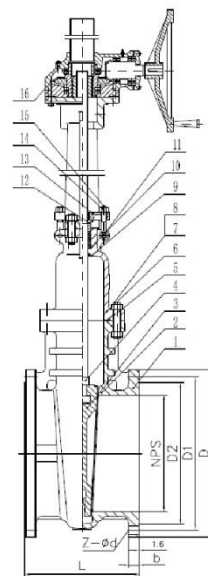
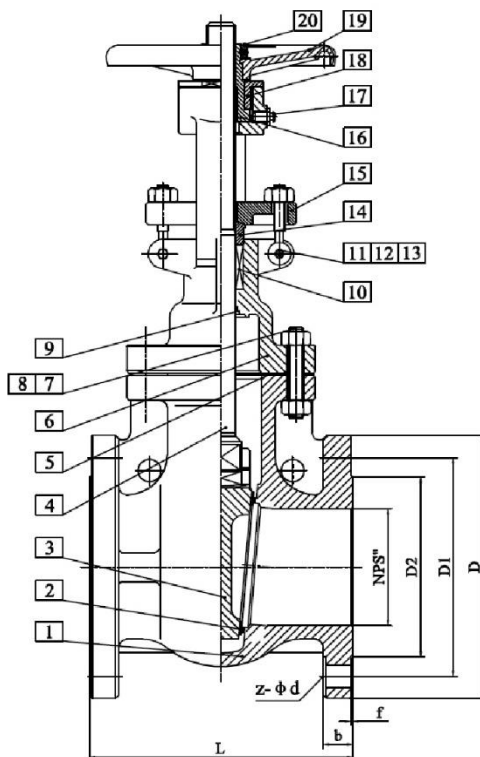




Tabla API para los diferentes tipos de TRIM					
TRIM No.	Material	Asiento	Disco	Asiento Trasero	Vástago
1	410	410	410	410	410
2	304	304	304	304	304
3	F310	310	310	310	310
4	Hard 410	Hard 410	410	410	410
5	Endurecido	Estilitado	Estilitado	410	410
5A	Endurecido	Ni-Cr	Ni-Cr	410	410
6	410 y Cu-Ni	Cu-Ni	Cu-Ni	410	410
7	410 Endurecido	410 Endurecido	410 Endurecido	410	410
8	410 Endurecido	Estilitado	410	410	410
8A	410 Endurecido	Niquel / Cromo	410	410	410
9	Monel	Monel	Monel	Monel	Monel
10	316	316	316	316	316
11	Monel	Estilitado	Monel	Monel	Monel
12	316 Endurecido	Estilitado	316	316	316
13	Alloy 20	Alloy 20	Alloy 20	Alloy 20	Alloy 20
14	Alloy 20 Endurecido	Estilitado	Alloy 20	Alloy 20	Alloy 20
15	S 304 Endurecido	Estilitado	Estilitado	304	304
16	316 Endurecido	Estilitado	Estilitado	316	316
17	316 Endurecido	Estilitado	Estilitado	347	347
18	Alloy 20 Endurecido	Estilitado	Estilitado	Alloy 20	Alloy 20

Esta tabla es de carácter referencial

Presión - Temperatura (Clase estándar según ASME B16.34)				
Temp ° C	Material			
	A216 WCB	A352 LCB	A217 C5	A351 CF8M (**)
-29 to 38	19.6	18.3	20.0	18.9
95	17.9	17.2	17.9	16.2
150	15.8	15.8	15.8	14.8
205	13.8	13.8	13.8	13.4
260	11.7	11.7	11.7	11.7
315	9.6	9.6	9.6	9.6
345	8.6	8.6	8.6	8.6
375	7.6		7.6	7.6
400	6.5		6.5	6.5
425	5.5		5.5	5.5
450	4.5		4.5	4.5
485	3.4		3.4	3.4
510	2.4		2.4	2.4
540	1.4		1.4	1.4
565			1.4 *	1.4 *
595			1.4 *	1.4 *
620			1.4 *	1.4 *
650			1.4 *	1.4 *
675				1.4 *
705				1.4 *
735				1.4 *
760				1.4 *
790				1.4 *
815				1.4 *

*Solo para válvulas con extremos soldables. Los extremos bridados llegan hasta 540°C.

** A351 CF8m en temperaturas superiores a 538°C (1000°F) para ser utilizado solo si el contenido de carbono es de 0.04% o superior.

ANEXO 10.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DEPÓSITO ACUMULADOR

Tanque Rotoplas con Garantía de por vida*

Rotoplas es líder en el desarrollo de productos de almacenamiento, que gracias a su tecnología, diseño y materiales, te garantiza agua de la mejor calidad para tu familia.

Beneficios:



Somos una empresa especialista en soluciones integrales de agua, líder e innovadora en el mercado Peruano. Fabricamos el mejor Tanque con tecnología de punta que nos permite ofrecer consistencia, protección y durabilidad. Es por ello que nos permite ofrecer Garantía de por vida.



Cuidamos tu salud: Exclusiva capa interior antibacterial AB, la cual evita reproducción de microorganismos (algas y bacterias). Los materiales utilizados para la producción del Tanque Rotoplas están aprobados por la FDA.



Filtramos tu agua: Filtro **Hydronet** lavable e intercambiable que retiene sedimentos (tierra, arena y partículas de óxido) y ofrece agua cristalina de modo confiable. Se recomienda cambiar el cartucho cada 6 meses.



Cuidamos tu agua: El Tanque Rotoplas y la conexión de salida de agua se encuentra termofusionada convirtiéndose en una sola pieza insoluble y, por ende, evitando las fugas.



Agua segura: Tapa click que permite el cierre perfecto para que el Tanque esté siempre cerrado. Además, su diseño curvo hace que no se acumule el agua de lluvia, evitando que se desarrollen los mosquitos que transmiten el dengue.



Más resistente y durable: Más de 35 años en nuestro CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, el cual se encarga de estar en la búsqueda constante de innovar y evolucionar en toda la gama de soluciones integrales que ofrecemos.

Especificaciones técnicas de los Tanques

Capacidad (L)	Diámetro (m)	Altura (m)	Color
250	0.70	0.83	Negro
750	1.13	1.05	Beige
1 100	1.10	1.43	Beige y Negro
1 500	1.20	1.55	Beige
2 500	1.55	1.65	Beige



Instala tu Tanque Garantía de por vida Rotoplas, en base plana hecha de material noble.

* Rotoplas otorga garantía de por vida a sus tanques Rotoplas de color beige en los siguientes supuestos: por cualquier defecto en su fabricación que se origine en los materiales, maquinado, mano de obra y/o acabados empleados para ellos; siempre y cuando se siga las instrucciones del MANUAL DE INSTALACIÓN DEL TANQUE ROTOPLAS.

Tanques Rotoplas para almacenamiento de agua

- Fabricado con polietileno de alta densidad 100% virgen que cumple con las normas FDA (Food and Drug Administration de los EE.UU) - Grado alimenticio.
- Fáciles de transportar e instalar.
- De fácil limpieza y mantenimiento.
- En capacidades de 5 000, 10 000 y 25 000 l.
- Tiene un sistema de sujeción (Anclaje).
- Posee aros de refuerzo para mayor estabilidad.
- 16 cuadrantes para conexiones de 2" y 3" y fuera del cuadrante hasta 4".
- Incluye tapa click 18" .
- El tanque estándar incluye una conexión de 2" con empaque EPDM de marca Banjo - USA.
- Resiste temperaturas ambientales extremas (desde -10°C hasta 60°C).
- En color negro para evitar productividad por fotosíntesis.
- Asesoría técnica especializada.
- Aplicaciones: Agua potable.

5 Años de
Garantía
Rotoplas



**CAPA
ANTIBACTERIAS**

Accesorios para el Tanque de almacenamiento de agua

Los accesorios Banjo se comercializan en tamaños de conexión desde 1 1/2" a 4".



Conexión Hexagonal:

Para la salida de los fluidos Medidas comercializadas con empaque Vitón o EPDM 2", 3" y 4".



Niple:

Para conectar la Conexión y la válvula de paso medidas comercializadas de 2", 3" y 4".



Tubo de aireación tipo bastón de 2":

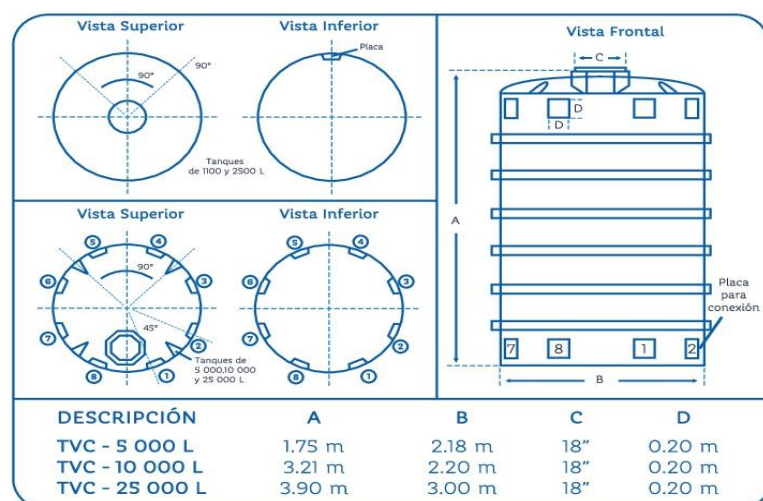
Termo fusionado en la parte central de la cúpula del tanque. Asimismo, sirve para liberar gases y vapores del líquido almacenando y evitar la contaminación de agentes externos.



Válvula de paso Full Port Banjo:

Para controlar la salida del fluido. Medidas comercializadas de 2", 3" y 4".

Ficha técnica de Tanques Rotoplas para almacenamiento de agua



ANEXO 11.- FOTOGRAFÍAS TOMADAS EN EL PREDIO LA CARRECILLA



ANEXO 12.- PLANO DE UBICACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA SOLAR

